Vol 22, November 2006

NEWSLETTER FOR THE

Canadian Antarctic Research Network

Inside

The Southern Ocean Continuous Plankton Recorder Survey 1

Southern Ocean Changes Due to Human Influence 5

Antarctic Site Inventory 7

Antarctic Pelagic Tunicates: Life-Cycles and Ecological Significance (SO-GLOBEC) 8

Students On Ice – Advancing Polar Education 11

The Argo Armada – Again 14

News in Brief 15

The Southern Ocean Continuous Plankton Recorder Survey

Brian Hunt

In recent years much interest has been shown in the biological impacts of climate change, including warming and ozone depletion, in Antarctic and Southern Ocean ecosystems. Polar ecosystems are likely to be the first affected by global climate change (Zwally, 1994). Evidence indicates that in the Antarctic a warming of air and sea temperature and a reduction in sea-ice extent have already occurred during the last century, while ozone depletion and enhanced UV radiation are well documented. However, the ecological consequences of these changes remain poorly understood and require continued monitoring. It is in view of this need for monitoring that Dr Graham Hosie of the Australian Antarctic Division, Kingston, Tasmania, established the Southern Ocean Continuous Plankton Recorder (CPR) Survey in 1991.

Zooplankton play a major role in all of the Southern Ocean sub-systems, functioning as grazers, predators and scavengers, and ultimately providing the link between primary producers and the upper trophic levels, represented by top predators such as seabirds and whales. Zooplankton are also vital components of biogeochemical cycles, including the removal of CO_2 from the atmosphere, although their contribution to the latter varies strongly between species and communities. Environmentally forced changes to zooplankton communities therefore have significant implications for ecosystem functioning. Through a combination of environmental sensitivity, short life histories, and an inability to escape their surroundings, zooplankton are vulnerable to change. Inadvertently this makes them excellent indicators of environmental variability and perturbations.

> *"... plankton can integrate meteorological variability and as such may have value in mapping the environmental consequences of climate change in the marine environment."* (Reid and others, 1998a, p. 282, para. 2)

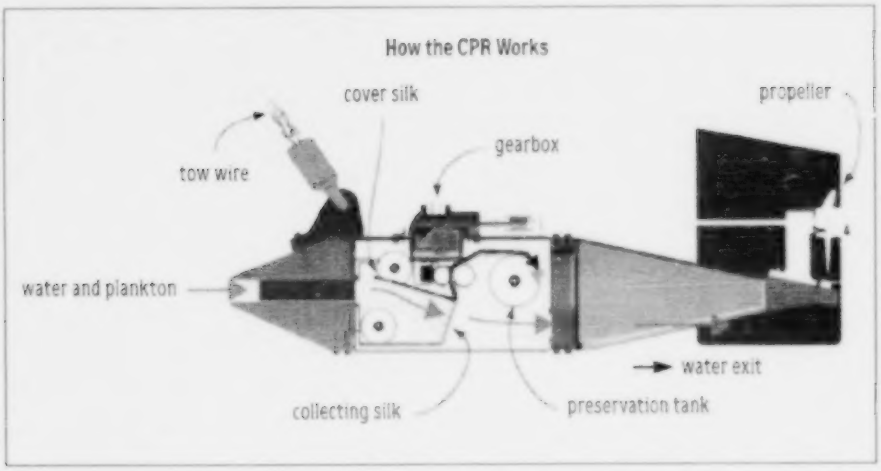


Figure 1
Since 1931 only minor design changes have been made to the CPR, but the fundamental sampling characteristics have largely remained the same. Plankton are trapped on the collecting silk, sandwiched by the cover silk, and subsequently rolled onto a spool in the preservation tank. The spooling of the silk is driven mechanically by the tail propeller.

The Continuous Plankton Recorder (Fig. 1, CPR) was conceived by Sir Alister Hardy to overcome one of the fundamental problems faced by plankton biologists:

> *"The composition of the plankton is in qualitative as well as quantitative relations very irregular, and the distribution of the same in place and time in the ocean also very unequal."*
>
> (Haeckel (1890) in Hardy, 1936, p. 513, para. 3)

In summary, the CPR is a robust, easy-to-use plankton sampling instrument that can be towed at 5–20 knots behind any large vessel with a suitable towing winch. Plankton are collected continuously on a roll of silk and integrated into segments representing a 5 or 10 nautical mile section of a transect. In combination, these characteristics enable zooplankton surveys with large spatial coverage, as well as high temporal resolution, to be conducted rapidly and frequently. The CPR has an averaging towing depth of ~ 10 m, and therefore focuses attention on the surface layers of the ocean, while the combination of small mouth area (1.6 cm^2) and relatively fine mesh (270 μm) means that sampled zooplankton are predominantly in the mesozooplankton size range (0.5–10 mm).

The prototype CPR was first used in the Southern Ocean, during the 1925–27 expedition of the RRS *Discovery*. Design problems encountered on this voyage were rectified on return to the U.K. and an improved Mark II model was deployed in September 1931 on a transect from Hull to Hamburg. From these small beginnings, CPR sampling expanded rapidly as the instrument was deployed from an increasing number of "ships of opportunity", including ferries and cargo vessels. Ultimately this sampling evolved into a long-term monitoring program which provided monthly coverage of the North Sea and North Atlantic. Currently under the auspices of the Sir Alister Hardy Foundation for Ocean Science (SAHFOS), the Northern Hemisphere CPR program has generated one of the most spatially extensive and temporally comprehensive long-term marine datasets. Time-series analyses have identified long-term changes in plankton abundance, migration behaviour, population cycles and community structure in response to oceanographic change, climate cycles (*e.g.* the North Atlantic Oscillation), Northern Hemisphere warming trends, and eutrophication. These changes have cascaded upwards through the ecosystem,

impacting negatively on higher trophic levels, including seabirds and the recruitment of commercially important fish species such as cod and salmon (*e.g.* Aebischer and others, 1990; Beaugrand and Reid, 2003).

It is the success of the Northern Hemisphere CPR program that inspired the formation of a sister program in the Southern Ocean. Initial sampling efforts were focused on the seasonal ice zone. However, in 1996 the Southern Ocean survey was expanded to include routine sampling in the permanently open ocean zone (POOZ), taking advantage of re-supply routes between Tasmania and Australia's Antarctic stations, and dedicated marine science voyages. Since 1997, an average of 6946 nautical miles of CPR tows have been completed per year aboard the Australian research and supply vessel the *Aurora Australis*. Since 1999, a further 3414 nm/yr have been collected from the vessels of the Japanese

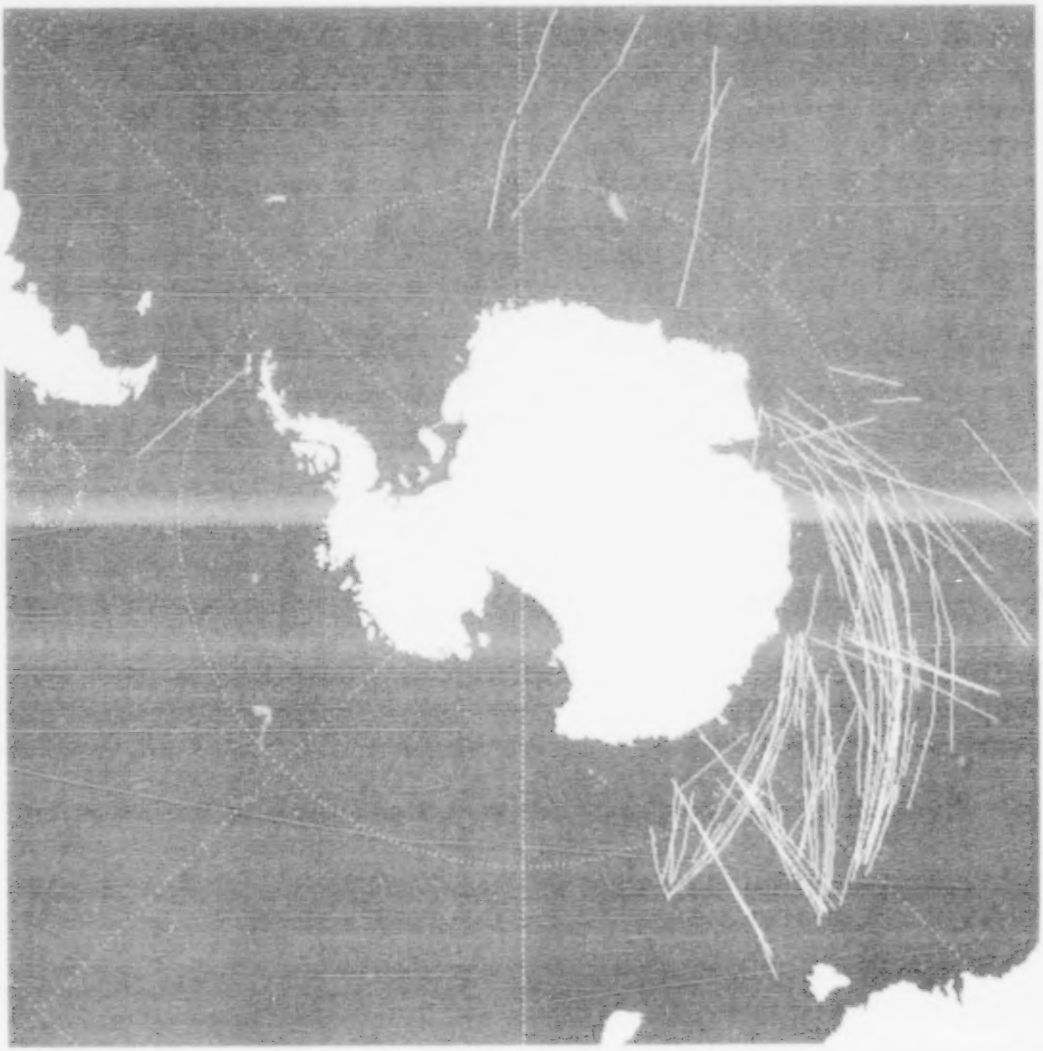


Figure 2
Location of CPR tows conducted in the Southern Ocean to date.

Antarctic Research Expedition. In 2004 Germany joined the survey, beginning annual sampling in the Indian Ocean sector and increasing the coverage of the Southern Ocean by the CPR to ~45%.

By comparison with its Northern Hemisphere counterpart, the Southern Ocean CPR survey (Fig. 2) is in its infancy. Initial research focused on identifying communities and their spatial patterns, providing the first high-resolution large-scale zooplankton sampling in the region south of Australia. Subsequently, the seasonal succession of communities was described, providing the baseline data required to interpret future change. In addition, a number of methodological studies have been completed which are relevant to all CPR research, *i.e.* CPR samples have been calibrated against traditional vertical net tows, while flow meters have been used to quantify clogging and volume filtered by the apparatus under different conditions. The next step in the process is to begin analysis of the interannual variation.

> *"The problem is that long-term monitoring is often incompatible with short-term decisions about funding. Once a continuous sequence of data is broken it can never be recovered."*
>
> (Nick Carter, Rothamsted Insect Survey, 1989)

In the light of the Southern Ocean CPR Survey recently being made a SCAR (Scientific Committee on Antarctic Research) Action Group, and the growing international collaboration on the program, it appears as though this is a monitoring program for the future. It is with great anticipation that we look forward to the years to come, and what this survey will teach us about Southern Ocean and Antarctic marine ecosystems.

References

Aebischer, N.J., J.C. Coulson and J.M. Colebrook. 1990. Parallel long-term trends across four marine trophic levels and weather. *Nature*, **347**(6295), 753–755.

Beaugrand, G. and P.C. Reid. 2003. Long-term changes in phytoplankton, zooplankton and salmon related to climate. *Global Change Biology*, **9**(6), 801–817.

Hardy, A.C., 1936. Observations on the uneven distribution of oceanic plankton. *Discovery Reports* 11, 511–538.

Hosie, G.W., M. Fukuchi and S. Kawaguchi. 2003. Development of the Southern Ocean Continuous Plankton Recorder Survey. *Progress in Oceanography*, **58**(2–4), 263–283.

Reid, P.C., B. Planque and M. Edwards. 1998. Is observed variability in the long-term results of the Continuous Plankton Recorder survey a response to climate change? *Fisheries Oceanography*, **7**(3–4), 282–288

Reid, P.C., J.M. Colebrook, J.B.L. Matthews, J. Aiken and the Continuous Plankton Recorder Team. 2003. The Continuous Plankton Recorder: concepts and history, from the Plankton Indicator to undulating recorders. *Progress in Oceanography*, **58** (2–4), 117–173.

Zwally, H.J., 1994. Detection of change in Antarctica. In Hempel, G., ed. *Antarctic science: global concerns*, Berlin, Springer Verlag, 126–143.

Note: For an overview of the Northern Hemisphere CPR survey see Reid and others (2003), and of the Southern Ocean CPR survey see Hosie and others (2003).

Brian Hunt (bhunt@eos.ubc.ca), a graduate of Rhodes University, South Africa, and the University of Tasmania, Australia, is a research collaborator on the Southern Ocean CPR Survey. He is currently a post-doctoral fellow in the Department of Earth and Ocean Sciences at the University of British Columbia, conducting research into pelagic trophic ecology and biogeochemical cycling.

Southern Ocean Changes Due to Human Influence

John C. Fyfe and Oleg A. Saenko

We have recently shown that the higher than expected warming of intermediate level waters in the Southern Ocean in recent decades (Fig. 1) is reproduced in the latest series of global climate model simulations, which include time-varying changes in anthropogenic greenhouse gases, sulphate aerosols and volcanic aerosols in the Earth's atmosphere (Fyfe, 2006). The remarkable agreement between observations and state-of-the-art global climate models suggests significant human influence on Southern Ocean temperatures, which is suppressed to a large extent by the incidence of volcanic dust and industrial aerosols in the atmosphere. Global climate model simulations also show human-induced strengthening and poleward-shifting of surface wind stress (Fyfe, 2003; Fyfe and Saenko, 2006; Kushner and others, 2001) which appears to be consistent with the observed shifting of the Southern Annular Mode (SAM) toward a higher index state (Fyfe and others, 1999; Marshall, 2003; Thompson and others, 2000). In other recent work we have shown that changes in the zonal and meridional circulation of the ocean in the region are broadly consistent with the changes in zonal wind stress (Fyfe and Saenko, 2005, 2006; Saenko and others, 2005). In particular, we find strengthening and poleward shifting of the Antarctic Circumpolar Current (ACC), as well as increased southward geostrophic transport in the ocean below about 2000 m in the unblocked latitudes of Drake Passage. Predictions for the future indicate that the ACC will continue to strengthen and shift poleward. We have suggested that these future changes, if they occur, could have important consequences on the uptake of anthropogenic CO_2 and hence the ability of the world ocean to mitigate the impact of global warming (Fyfe and Saenko, 2006).

Our most recent work is directed towards understanding the role that strengthening and poleward shifting of subpolar westerly surface winds (*e.g.* in association with the shift of the SAM toward a higher index state) may have played in the higher than expected anthropogenic warming of the Southern Ocean since the 1950s (Fyfe and others, 2006). To this end a global climate model of intermediate complexity has been driven in combination, and separately, with time-varying (a) CO_2 emissions and (b) surface wind stress derived from the latest series of fully coupled global climate model simulations (Fyfe and Saenko, 2006). These

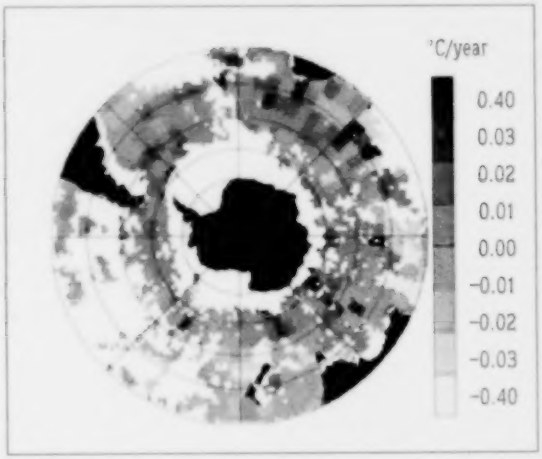


Figure 1
Mid-depth differences between temperature trends computed from autonomous lagrangian circulation explores (ALACE) and those obtained from shipboard measurements bin-averaged in 5° longitude by 5° latitude squares (following Gille, 2002). The ALACE/hydrographic pairs were used if the hydrographic measurements were collected after 1930, and were separated by at least 10 years in time and by less than 220 km in space. Latitude circles start at 30°S and are spaced at 10° intervals. Averaging from 35°S to 65°S yields a mean warming rate of 0.004 ± 0.001 °C/yr, which is nearly double the rate of change in the upper 1000 m of the World Ocean as a whole (Levitus and others, 2000). (For colour version see Fyfe, 2006.)

experiments suggest about equal contribution to the subsurface Southern Ocean warming structure from increasing CO_2 emissions and poleward intensifying westerlies. The experiments also confirm some recent high-resolution ocean model experiments suggesting that enhanced mesoscale eddy activity, associated with the strengthening subpolar westerlies could influence the structure of the Southern Ocean warming. In particular, we find that increased poleward heat transport across the ACC, associated with increased eddy activity, significantly enhances the Southern Ocean warming south of the ACC.

In collaboration with the University of Victoria Climate Modelling Group, we have been exploring the response of the global carbon cycle to human-induced changes in subpolar westerlies. It has been found that poleward intensified winds have an opposite effect on global oceanic carbon uptake between model experiments with zero and increasing CO_2 emissions. In the zero emissions case, changing winds lead to net outgassing of CO_2 through the 20th and 21st centuries, whereas under increasing CO_2 emissions they act to first inhibit during the 20th century and then enhance CO_2 uptake thereafter (Zickfeld and others, 2006).

References

Fyfe, J.C., 2003. Extratropical Southern Hemisphere cyclones: harbingers of climate change? *J. Climate*, **16**(17), 2802–2805.

Fyfe, J.C., 2006. Southern Ocean warming due to human influence. *Geophys. Res. Lett.*, **33**(19), L19701. (10.1029/2006GL027247.)

Fyfe, J.C. and O.A. Saenko, 2005. Human-induced change in the Antarctic Circumpolar Current. *J. Climate*, **18**(15), 3068–3073.

Fyfe, J.C. and O.A. Saenko, 2006. Simulated changes in the extratropical Southern Hemisphere winds and currents. *Geophys. Res. Lett.*, **33**(6), L06701. (10.1029/2005GL025332.)

Fyfe, J.C., G.J. Boer and G.M. Flato, 1999. The Arctic and Antarctic oscillations and their projected changes under global warming. *Geophys. Res. Lett.*, **26**(11), 1601–1604.

Fyfe, J.C., O.A. Saenko, K. Zickfeld, M. Eby and A.J. Weaver, 2006. The role of poleward intensifying wind on Southern Ocean warming. *J. Climate*, submitted.

Gille, S.T., 2002. Warming of the Southern Ocean since the 1950s. *Science*, 295(5558), 1275–1277.

Kushner, P.J., I.M. Held and T.L. Delworth, 2001. Southern Hemisphere atmospheric circulation response to global warming. *J. Climate*, **14**(10), 2238–2249.

Levitus, S., J.I. Antonov, T.P. Boyer and C. Stephens, 2000. Warming of the world ocean. *Science*, **287**(5461), 2225–2229.

Marshall, G.J., 2003. Trends in the Southern Annular Mode from observations and reanalyses. *J. Climate*, **16**(24), 4134–4143.

Saenko, O.A., J.C. Fyfe and M.H. England, 2005. On the response of the oceanic wind-driven circulation to atmospheric CO_2 increase. *Climate Dyn.*, **25**(4), 415–426.

Thompson, D.W.J., J.M. Wallace and G.C. Hegerl, 2000. Annular modes in the extratropical circulation. Part II: Trends. *J. Climate*, **13**(5), 1018–1036.

Zickfeld, K., O.A. Saenko, M. Eby, J.C. Fyfe and A.J. Weaver, 2006. Simulated changes in the extratropical Southern Hemisphere winds and currents. *Geophys. Res. Lett.*, submitted.

John Fyfe (john.fyfe@ec.gc.ca), a graduate of the Universities of Regina and McGill is interested in climate variability, predictability and change. Oleg Saenko (oleg.saenko@ec.gc.ca), a graduate of the Marine Hydrophysical Institute, Sevastopol, Ukraine, is interested in ocean circulation and climate. Both are Research Scientists at the Canadian Centre for Climate Modelling and Analysis in Victoria, British Columbia.

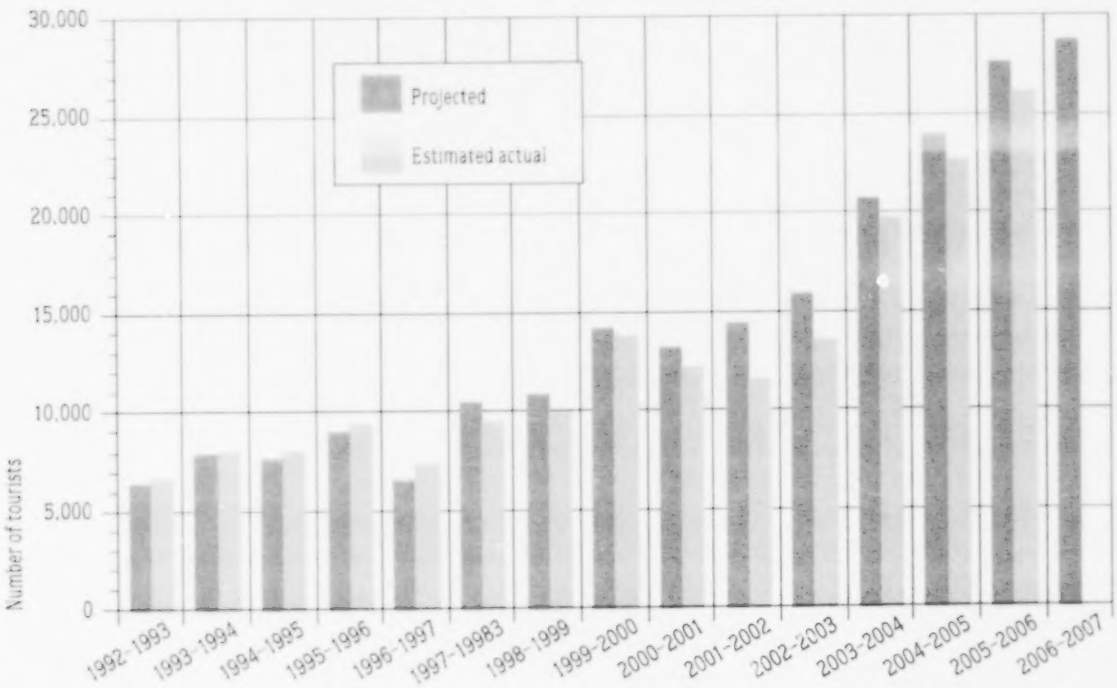
Antarctic Site Inventory

Louise K. Blight

In November and December 2006, I will be going to the Antarctic Peninsula aboard the tourist vessel *Endeavour* to participate in another season of efforts by the U.S.-based Antarctic Site Inventory (AST). The AST has been operating in the Peninsula region since November 1994, using expedition cruise ships to travel among sites and monitor local human impacts on penguins and other Antarctic wildlife. Since 2003, AST has also maintained a seasonal research camp at Petermann Island.

Tourist numbers in Antarctica have risen dramatically over the past decade, tripling from 9,604 in 1997–98 to an estimated 28,826 in the coming 2006–07 season (Fig. 1). Most of those visitors will be concentrated at sites in the Peninsula region. The primary purpose of the AST is to inventory and monitor penguins and other marine birds at tourist-visited sites from the South Orkney Islands to Marguerite Bay on the southwest Antarctic Peninsula. Baseline data are also collected on a range of biological and physical variables at each study site. Data and information collected by the AST are made available internationally, and particularly assist Treaty nations in managing activities at visitor sites.

Louise K. Blight (lkblight@sfu.ca) is a seabird ecologist based in Victoria, B.C. This will be her second season working for the Antarctic Site Inventory since its inception. She also summered at Cape Royds in 2003–04 as a researcher with a National Science Foundation-funded Adélie penguin project. In January 2007, Louise starts her Ph.D. in marine conservation biology at the University of British Columbia.



Antarctic Pelagic Tunicates: Life-Cycles and Ecological Significance (SO-GLOBEC)

Evgeny A. Pakhomov

During the last decade, there has been an increasing interest in pelagic tunicates in the Southern Ocean, particularly *Salpa thompsoni* (Pakhomov and others, 2002). Salps are considered to be the most important large filter-feeders south of the Subtropical Convergence in terms of wet mass, and ranking the third among metazoans, including copepods and Antarctic krill, *Euphausia superba*, in terms of carbon mass (Voronina, 1998). Due to their capability for rapid asexual reproduction (budding), salps are able to form dense swarms, dominating zooplankton in various regions of the Southern Ocean and altering the high Antarctic pelagic food-web economy (Pakhomov and others, 2002; Walsh and others, 2001). A fine-meshed feeding net of salps enables micro-sized particles to be filtered out of the water column and incorporated partly into metazoan biomass, but mainly into very fast sinking fecal pellets; thus channelling biogenic carbon out of the surface waters into long-living pools or into the deep sea (Le Fèvre and others, 1998).

S. thompsoni was once regarded as an organism found in low Antarctic (45–55°S) waters with only limited records in the coastal seas surrounding the Antarctic continent (Foxton, 1966). However, salp distribution has changed over the last half century by shifting southwards (Atkinson and others, 2004; Pakhomov and others, 2002). As *S. thompsoni* is a cold-temperate species, this indicates that a large-scale environmental shift in Antarctic regions may have occurred or is in progress (De la Mare, 1997). Since continuing warming of the ocean-current systems south of 45°S is likely (Levitus and others, 2000), we cannot exclude the possible establishment of continuous salp populations further south, e.g. in the coastal Antarctic seas. Should *S. thompsoni* survive and propagate permanently in these areas, they would have a dramatic impact on ecosystem structure and biogeochemistry. It has been hypothesized that the southward expansion of *S. thompsoni* may be coupled with a dramatic fall in the stock and productivity of Antarctic krill (important commercial fishery species) due to a decrease in the spatial extension of its biotope (Pakhomov and others, 2002).

Since 2001, jointly with Dr C. Dubischar and Prof. U. Bathmann of the Alfred Wegener Institute for Polar and Marine Research, Bremerhaven, I have been involved in the salp component of the Southern Ocean Global Ocean Ecosystems Dynamics (SO-GLOBEC) program. During the past three years, our efforts were concentrated in the Lazarev Sea, under the umbrella of the multi-year German "Lazarev

Figure 1
Antarctic pelagic tunicates: (left) *Ihlea racovitzai* (~40 mm solitary form, photo taken by Pakhomov E.A.) and (right) *Salpa thompsoni* (~30mm solitary form, photo taken by J. Michels).

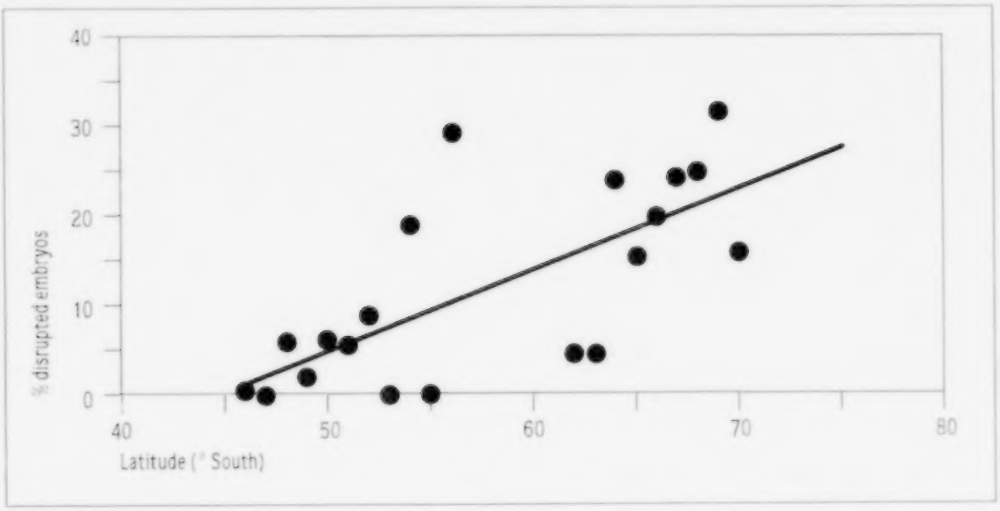


Figure 2

Sea Krill Study" (LAKRIS) SO-GLOBEC investigation. Despite the direction of the LAKRIS towards understanding life-history strategies of Antarctic krill, our group focused on two other important metazoans: the pelagic tunicates *S. thompsoni* and *Ihlea racovitzai* (Fig. 1). Three cruises, fall 2004, summer 2005–06 and winter 2006, have been conducted onboard the RV *Polarstern*; in an area of the Southern Ocean about 800 km wide, stretching from the coast of Dronning Maud Land almost to the Southern Boundary of the Antarctic Circumpolar Current. Atkinson and others (2004) have reported on the spatial distribution of *Salpa thompsoni* in this LAKRIS investigation area and other regions of the Southern Ocean.

It has previously been postulated that under unfavourable conditions *S. thompsoni* could be advected into the Antarctic continental seas and trapped (Pakhomov and others, 2002). It has been observed that these salp populations are composed of small-sized aggregates and to a great extent (up to 100%) may be comprised of individuals with somewhat retarded development. The analysis of a large dataset, collected during eight cruises, indicated that ~ 30% of aggregates at the southernmost locations on average had no embryos (Fig. 2), e.g. could not complete their life cycle in these areas. This suggests that, in the coastal Antarctic seas, we may be dealing with 'ghost' populations of *S. thompsoni*; advected into the area by currents, but unable to survive through the winter. The mechanisms of advection and actual survivorship of salps are still under investigation.

Seasonal sampling in the Lazarev Sea has provided a unique opportunity to observe the behaviour of two salp populations year around. Preliminary findings indicate that populations of both salp species were not numerous in the Lazarev Sea during 2004–06, compared to more northern areas. There was a strong interannual variability in the salp species composition and density in the Lazarev Sea. *S. thompsoni* accounted for most of the salp community and had the highest abundances during the fall of 2004, while *I. racovitzai* predominated during the 2006 winter. Most of the *S. thompsoni* found were concentrated in the northern part of the survey and around Maud Rise (Fig. 3). However, during the fall of 2004, high *S. thompsoni* densities were also observed in the southwest part of the survey. The origin of this enhanced salp patch is still unclear. Unlike previous species, *I. racovitzai* was relatively uniformly distributed

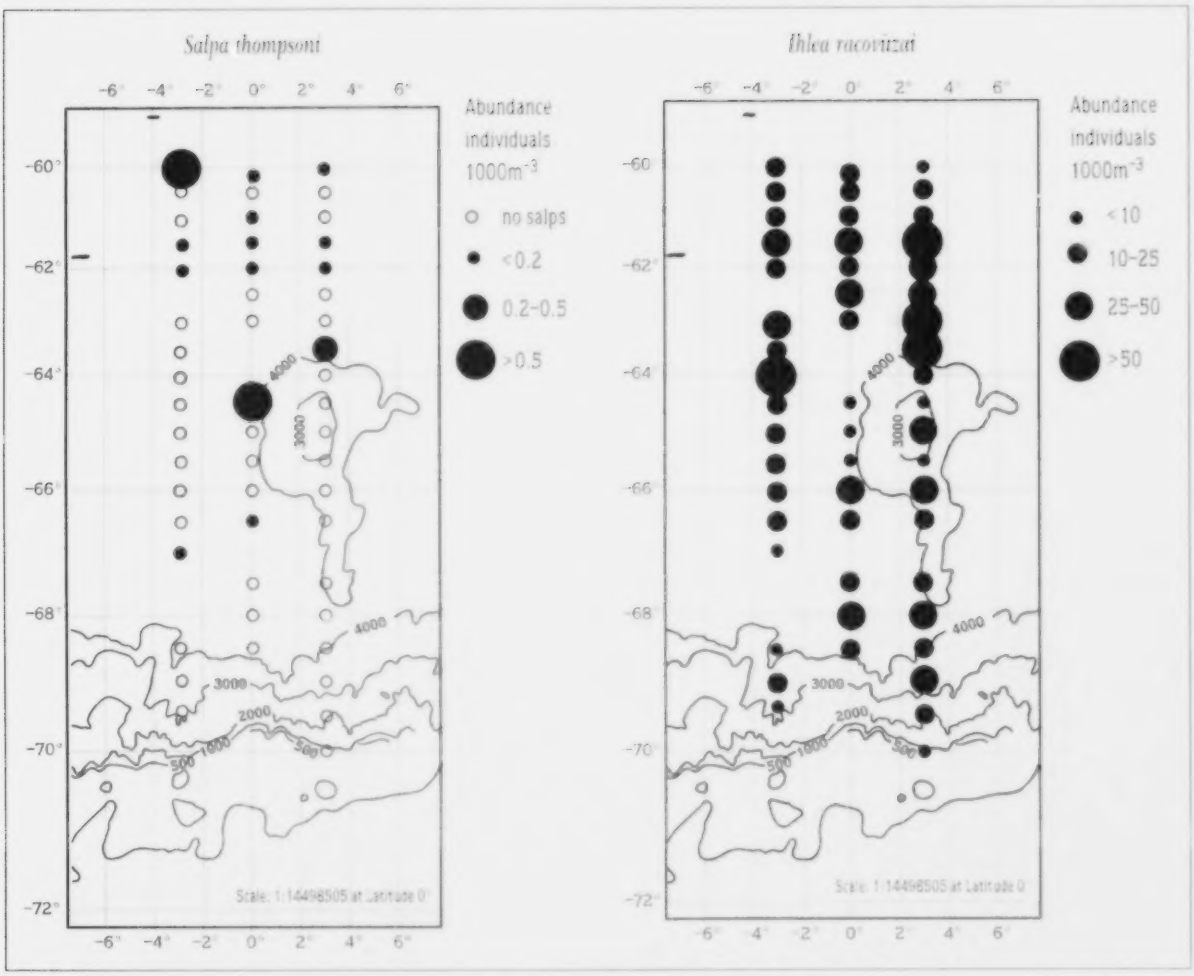


Figure 3

across the Lazarev Sea with slightly elevated densities in the middle part of the area investigated (Fig. 3).

The seasonal cycle in salp populations appeared to be similar between years despite substantial differences in their densities. *S. thompsoni* was represented mainly by aggregate forms (sexual reproducers) during the summer and fall, while only solitary forms (asexual reproducers) were found during the winter. *I. racovitzai*, composed mainly of large specimens (> 40 mm long) year around, produced numerous cohorts of small solitaries (~ 12–15 mm long) just prior to the winter survey. Whether this is normal behaviour for the *I. racovitzai* population is difficult to conclude, due to the absence of prior data on this species, and requires further investigation.

At the moment, salp specimens of *S. thompsoni* and *I. racovitzai* collected in the Lazarev Sea are undergoing various analyses to better understand their elemental and biochemical composition, demography, life-cycle dynamics,

feeding ecology and stable-isotope signatures, to determine their ability to survive close to their physiological limits (mainly cold waters) in the high Antarctic seas. However, it is becoming increasingly clear that: (a) the water temperature is the most important environmental parameter affecting salp, particularly *S. thompsoni*; and (b) local hydrology is of critical importance in explaining salp distribution patterns in the high Antarctic.

References

Atkinson, A., V. Siegel, E. Pakhomov and P. Rothery, 2004. Long-term decline in krill stock and increase in salps within the Southern Ocean. *Nature*, 432(7013), 100–103.

De la Mare, W.K., 1997. Abrupt mid-twentieth-century decline in Antarctic sea-ice extent from whaling records. *Nature*, 389 (6646), 57–60.

Emelyanov, Y.N. and V.G. Konovalov, 1975. Estimation of total ablation on Central Asian glaciers. *IAHS Publ.* 104 (Symposium at Moscow 1971 – *Snow and Ice*), 99–105.

Foxton, P., 1966. The distribution and life-history of *Salpa thompsoni* Foxton with observations on a related species, *Salpa gerlachei* Foxton. *Discovery Reports* 34, 1–116.

Le Fèvre, J., L. Legendre and R.B. Rivkin, 1998. Fluxes of biogenic carbon in the Southern Ocean: roles of large microphagous zooplankton. *J. Mar. Syst.*, 17(1–4), 325–345.

Levitus, S., J.I. Antonov, T.P. Boyer and C. Stephens, 2000. Warming of the world ocean. *Science*, 287(5461), 2225–2229.

Pakhomov, E.A., P.W. Froneman and R. Perissinotto, 2002. Salp/krill interactions in the Southern Ocean: spatial segregation and implications for the carbon flux. *Deep-Sea Res. II*, 49(9–10), 1881–1907.

Voronina, N.M., 1998. Comparative abundance and distribution of major filter-feeders in the Antarctic pelagic zone. *J. Mar. Syst.*, 17(1–4), 375–390.

Walsh, J.J., D.A. Dieterle and J. Lenes, 2001. A numerical analysis of carbon dynamics of the Southern Ocean phytoplankton community: the roles of light and grazing in effecting both sequestration of atmospheric CO_2 and food availability to larval krill. *Deep-Sea Res. I*, 48(1), 1–48.

Evgeny A. Pakhomov (epakhomov@eos.ubc.ca), a graduate of the Shirshov Institute of Oceanology, Moscow, and an Adjunct Professor with the Department of Zoology, Faculty of Science and Agriculture, University of Fort Hare, Alice, South Africa, is an Associate Professor in Biological and Fisheries Oceanography with the Department of Earth and Ocean Sciences, University of British Columbia.

Students On Ice – Advancing Polar Education

Chris Ralph

In June 2006, Canada submitted an Information Paper to the XXIX Antarctic Treaty Consultative Meeting (ATCM) on the successful Students on Ice expeditions (SOI). This award-winning educational organization, based in Chelsea, Quebec, has undertaken six expeditions to the Antarctic Peninsula area, and five expeditions to the Arctic regions in successive summer seasons, with approximately 150 students each year since its inception seven years ago.

The philosophy behind the program is to inspire and educate high-school and university students who will soon embark on their adult careers. These future decision-makers are those who will be directly affected by climate change, the consequences of management of natural resources and international politics, and are in a unique and favourable position to benefit from the experiences and perspectives that Antarctica and the polar regions can offer.

The upcoming SOI expeditions to the Antarctic and the Arctic, in 2007–09, have been endorsed by the International Council of Science/World Meteorological Organization (WMO) International Polar Year (IPY) Joint Committee as a prominent and valuable part of the IPY programme. SOI is striving to have youth from around the world, including all Antarctic Treaty nations, participate in these educational expeditions, to raise internationally awareness about IPY, and inspire a next generation of polar researchers and decision-makers: part of a lasting legacy from the IPY.

With the IPY fast approaching, and the world focused on the many extraordinary changes happening in the polar regions, SOI has several IPY youth-related activities planned. The SOI–IPY expeditions will launch in August 2007 to the Arctic and in December 2007 to the Antarctic. These Arctic and Antarctic expeditions will be the largest initiative of their kind in the world taking youth to both the Poles during the IPY years. The educational expeditions are intended to provide exciting and life-changing experiences to over 500 international youth as they explore the polar regions. High-school and university students will journey together with teams of international scientists, polar and environmental experts, educators and journalists on ice-strengthened vessels with about 100 participants per expedition.

As with past SOI expeditions, students will participate in lectures, workshops, and hands-on research. They will focus on subjects such as marine biology, geology, glaciology, earth sciences, environmental issues, deep ecology, politics, polar history, culture, flora and fauna, oceanography, sustainable development, art, traditional knowledge, and

applied technology. A key focus of all the SOI expeditions will be climate change impacts in the polar regions, and the local, national and global solutions needed to reduce our environmental footprints and live a more sustainable lifestyle.

While the expeditions are underway, participants will communicate their experiences through a special expedition website, pod-casting, video-conferencing and other media outreach, which will share the expeditions with audiences of all ages around the world.

SOI is also involved in other IPY initiatives. Communication and outreach activities are an integral part of the IPY mission, and SOI hopes to reach a wide audience by working with many notable and exceptional Canadian and international organizations. These groups include the Canadian Space Agency; Canadian Museum of Nature; EO Wilson Biodiversity Foundation; Royal Canadian Geographical Society (RCGS); IPY International and Canadian Youth Steering Committees; the Stephen R. Bronfman Foundation; First Air; The Explorer's Club, Inuit Tapiriit Kanatami, and more.

One exciting project is the national "Polar Bound" contest with the RCGS. High-school students from across Canada can enter by submitting essays, short films, and artwork that focus on the six IPY themes. The best submissions will be awarded full scholarships to participate in one of the SOI–IPY expeditions to the Arctic or Antarctic. Two contests will be held every year during the IPY.

Together with partners, another IPY goal for SOI is to develop polar curriculum, resources, and accredited high-school courses with a polar focus. Initial plans are to make these available for use in high-school classrooms across Canada during the IPY.

SOI is proud to be partnering with the IPY Canadian and International Youth Steering Committees on several initiatives including the "International Youth Conference on the Poles." This event, supported by the European Polar Consortium, is scheduled for April 2008, and will bring together youth from around the world to discuss the polar regions through roundtables, a research conference, and a polar fair.

SOI is also working closely with the Canadian Space Agency on a program where the CSA will offer five $5000 scholarships each year during IPY for Canadian high-school youth to participate in the SOI–IPY expeditions. Interested youth will need to go through an application and selection process, and demonstrate their interest in, knowledge of, and passion for space technology. The CSA and SOI will work together to integrate a space-related curriculum component into the SOI expedition education program. This will be facilitated by CSA scientists and possibly astronauts participating on the expeditions as members of the education team!

By offering these unique, hands-on educational expeditions to the polar regions, and by embracing the use of emerging technologies, such as pod-casting and video-conferencing, SOI is striving to inspire and excite the next generation of polar scientists, researchers, environmental leaders, and leave an IPY legacy that lasts well beyond 2009.

If you are interested in learning more about the Students on Ice–IPY program, please visit their website at www.studentsonice.com/ipy or call 1-866-336-6423.

Chris Ralph (c.g.ralph@gmail.com) is a Project Manager for Students on Ice. He has participated in over 50 Antarctic and Arctic expeditions.

The Argo Armada – Again

Howard Freeland

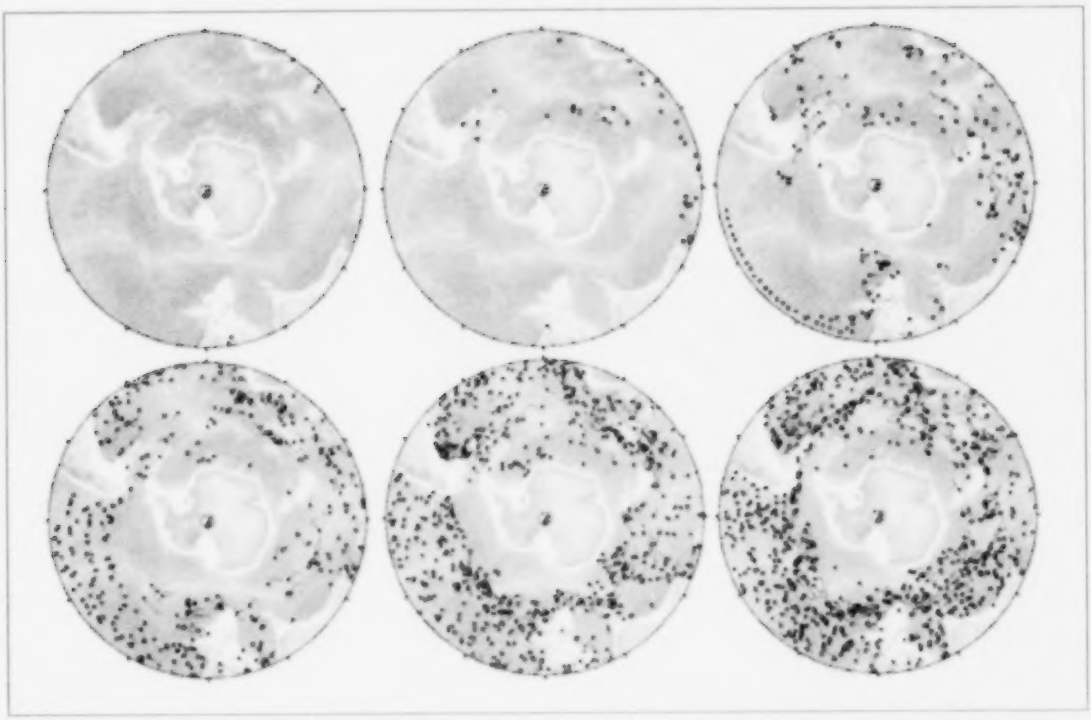


Figure 1
The evolution of the Argo array around Antarctica from 2001 to 2006.

In 2002, Canada launched six Argo floats to investigate deep convection off the coast of Chile as part of a study of the formation of Antarctic Intermediate Water. I wrote a review for the *CARN Newsletter* explaining the objectives and making predictions as to how the Antarctic part of the Argo array would evolve. The purpose of this article is to present you with an update.

First, a brief reminder of the purpose and nature of the Argo armada of profiling floats. An Argo float is a small robotic device that is launched at the sea surface. After a few hours the device adjusts its buoyancy and sinks to a target drift depth of typically 1000 m. After ten days the float adjusts its buoyancy again and dives to the profiling depth, usually 2000 m, then ascends to the sea surface observing a profile of ocean properties. The resulting profile is transmitted to land via a satellite in the Argos constellation. When data transmissions are complete, the float returns to its parking or drift depth. Each float should have energy sufficient for more than 150 cycles and so have a lifetime of four to five years.

There are now 2560 floats in the global ocean reporting profiles. These are fairly evenly distributed over the world oceans offering a uniform glimpse of the climatic state of each of the world's oceans every ten days. This "even coverage" unfortunately does not apply to the Arctic

Ocean. The floats do need to penetrate to the free surface so that their antennas can transmit data to a satellite. Some options for creating systems that will operate in the Arctic are being developed but these are not yet operational.

Figure 1 shows a series of plots of the locations of Argo floats around Antarctica, one map each for each October 1 from 2001 to 2006. Each float location is identified by a dot with a trail behind it of the trajectory over the previous 80 days.

The target originally advertised for Argo was to deploy floats globally with a mean nearest-neighbour distance of about 300 km; to achieve that globally with even coverage over all oceans would require about 3000 floats. At the present time we have 26 nations deploying floats and at the time of writing 2576 floats operating. The target of an even density is a little harder to achieve.

A map of float density on October 9, 2006, i.e. the number of floats per unit area normalized by the target number of floats, can be seen at www.pac.dfo-mpo.gc.ca/sci/osap/projects/argo/images/EarthDensity.gif. The objective is to get the map homogenously red, meaning a density of 1.0 over all of the oceans. In general we are approaching the target global density, but some parts of the oceans are easier to instrument than other areas, thus we greatly exceed the target array in the NE Atlantic, the Kuroshio extension region and in the Sea of Japan. There clearly is a distinct absence of instruments in the deep Southern Ocean, because the floats do not fare well under ice. We also see some very significant gaps in the Indian Ocean sector of the Southern Ocean. This deficit is now being addressed.

All 26 nations deploying floats have agreed to a single data policy, meaning that when any float completes a CTD (conductivity, temperature, depth) profile the data can generally be downloaded from one of the Global Argo Data Centres within 24 hours. Several years ago it was estimated that when Argo reached its target density there would be more ocean-climate data gathered by Argo each year from the Southern Ocean than has been obtained by the sum of all previous research missions there. Argo promises then to create a new golden age of ocean research.

The data are uniformly available for anyone to download in near real-time and are freely available to any user without constraint. At the Institute of Ocean Sciences we have a created a utility that allows a user to maintain a permanent mirror of the global Argo archives. The data are yours, please use them and please feel free to contact me if you need advice on the acquisition or use of Argo data.

Howard Freeland (freelandhj@pac.dfo-mpo.gc.ca) is a Research Scientist at the Department of Fisheries and Oceans Institute of Ocean Sciences, Sidney, British Columbia, and a member, and co-Chair of the Argo Steering Team.

News in Brief

Julia Foght, University of Alberta, is co-chairing the 3rd International Polar and Alpine Microbiology Conference, to be held in Banff in May 2008.■

Further to **Olav Loken**'s recent report, readers may be interested in Dian Olson Belanger's new book: *Deep Freeze: the United States, the International Geophysical Year*, and the origins of Antarctica's age of science. Boulder, CO, University Press of Colorado, 544 pp. (ISBN: 0-87081-830-9, Cloth US $29.95).■

Michael Warr, a retired teacher living in British Columbia, who spent two years in the Antarctic with the British Antarctic Survey at Deception and Adelaide Islands, has

written of his experiences in: South of Sixty: life on an Antarctic base. Prince George, B.C., Antarctic Memories Publishing (ISBN: 978-0-9738504-0-6, Soft cover, Cdn $26.45). (www.antarcticmemoriespublishing.com)■

Kevin Hall, University of Northern British Columbia, has been appointed to the Editorial Board of *Antarctic Science*.■

Professor Chris Rapley, C.B.E., Director of the British Antarctic Survey and recently elected President of SCAR, paid a fleeting visit to Canada in mid-October, lecturing on global change issues and meeting with scientists and government officials in Ottawa, Toronto and Calgary to promote Antarctic issues and the IPY.■

Following the unfortunate loss of the CryoSat Earth Explorer mission in October, 2005, the European Space Agency Earth Observation Programme Board has approved a proposal for CryoSat-2 to be launched in 2009.■

The University of Canterbury, Christchurch, New Zealand, offers a Graduate Certificate in Antarctic Studies. A 14 week intensive course covers the history, science, political discourse, environmental concerns and future challenges of Antarctica and the Southern Ocean. Details at www.anta.canterbury.ac.nz/courses/gcas/application.shtml.■

CCAR/CCRA Members and Advisers

Wayne Pollard (Chair)
Department of Geography
McGill University
805 Sherbrooke Street West
Montréal, Quebec H3A 2K6
Tel: (514) 398-4454
Fax: (514) 398-7437
pollard@felix.geog.mcgill.ca

Kathy Conlan
Canadian Museum of Nature
P.O. Box 3443, Station D
Ottawa, Ontario K1P 6P4
Tel: (613) 364-4063
Fax: (613) 364-4027
kconlan@mus-nature.ca

Serge Demers
Institut des sciences de la mer de Rimouski (ISMER)
310, allée des Ursulines, C.P. 3300
Rimouski, Québec G5L 3A1
Tel: (418) 723-1986 x 1651
Fax: (418) 724-1842
serge_demers@uqar.qc.ca

Marianne Douglas, Director
Canadian Circumpolar Institute
University of Alberta
8625-112 Street
Edmonton, Alberta T6G 0H1
Tel: (780) 492-0055
Fax: (780) 492-1153
marianne.douglas@ualberta.ca

Martin Sharp
Earth and Atmospheric Sciences
University of Alberta
1-26 Earth Sciences Building
Edmonton, Alberta T6G 2E3
Tel: (780) 492-4156
Fax: (780) 492-2030
martin.sharp@ualberta.ca

Dave Williams
c/o Astronaut Office, Mail Code CB
Johnson Space Center
2101 NASA Parkway
Houston, Texas 77058
U.S.A.
Tel: (281) 244-8883
david.r.williams1@jsc.nasa.gov

Fred Roots (Antarctic Adviser CPC)
Environment Canada
351 St. Joseph Blvd, 1st Floor
Ottawa, Ontario K1A 0H3
Tel: (819) 997-2393
Fax: (819) 997-5613
fred.roots@ec.gc.ca

Warwick F. Vincent (Past Chair)
Département de biologie
Université Laval
warwick.vincent@bio.ulaval.ca

Simon Ommanney (CCAR Secretary)
27 Glen Davis Crescent
Toronto, Ontario M4E 1X6
Tel: (416) 686-6307
simon.ommanney@sympatico.ca

CARN Newsletter

All rights reserved
© Canadian Polar Commission/
Canadian Antarctic Research Network

Editor: C. Simon L. Ommanney
Please send contributions and correspondence to:
C. Simon L. Ommanney
Editor, CARN Newsletter
Address at left.

Canadian Polar Commission
Suite 1710, 360 Albert Street
Ottawa, Ontario K1R 7X7
Tel.: (613) 943-8605
Fax: (613) 943-8607
mail@polarcom.gc.ca
www.polarcom.gc.ca/ccarhome.htm

Vol 22, novembre 2006

BULLETIN POUR LE

Réseau canadien de recherches antarctiques

Intérieur

L'enregistrement continu du plancton dans l'océan Austral 1

Changements dans l'océan Austral dus à l'influence des humains 5

Recensement sur un site antarctique 7

Tuniciers pélagiques de l'Antarctique : Cycles biologiques et importance écologique (SO-GLOBEC) 8

Students On Ice – Promotion des études en science polaire 11

L'armada Argo – Encore 14

Les nouvelles en bref 15

L'enregistrement continu du plancton dans l'océan Austral

Brian Hunt

Ces dernières années, les répercussions biologiques du changement de climat, notamment le réchauffement et l'appauvrissement de l'ozone, dans les écosystèmes antarctiques et de l'océan Austral, ont suscité un grand intérêt. Les écosystèmes polaires seront probablement les premiers à être affectés par le changement de climat à l'échelle planétaire (Zwally, 1994). Selon les données recueillies, au cours du dernier siècle les températures de l'air et de la mer se sont élevées, et l'étendue des glaces marines a diminué, dans l'Antarctique. Par ailleurs, les problèmes de l'appauvrissement de l'ozone et de l'augmentation du rayonnement UV dans ce continent ont été bien mis en évidence. Cependant, les conséquences de ces changements sur le plan écologique ne sont pas encore bien comprises, et une surveillance continue s'impose. Vu la nécessité d'assurer cette surveillance, en 1991, M. Graham Hosie de l'Australian Antarctic Division, Kingston, Tasmanie, a mis en branle les opérations d'enregistrement continu du plancton (ECP) dans l'océan Austral.

Le zooplancton joue un rôle majeur dans tous les sous-systèmes de l'océan Austral. Les espèces agissent comme des brouteurs, prédateurs et détritivores, créant ainsi un lien entre les producteurs primaires et les niveaux trophiques supérieurs constitués par les prédateurs en bout de chaîne, comme les oiseaux marins et les baleines. De plus, le zooplancton est une composante essentielle des cycles biogéochimiques incluant l'élimination du CO_2 de l'atmosphère, mais sa contribution à cet égard varie beaucoup entre les espèces et les communautés. Les changements forcés dus à l'environnement, qui touchent les communautés de zooplancton, ont donc des répercussions considérables sur le fonctionnement des écosystèmes. Vu sa sensibilité à l'environnement, sa courte durée de vie et son incapacité de s'échapper du milieu qui l'entoure, le zooplancton est

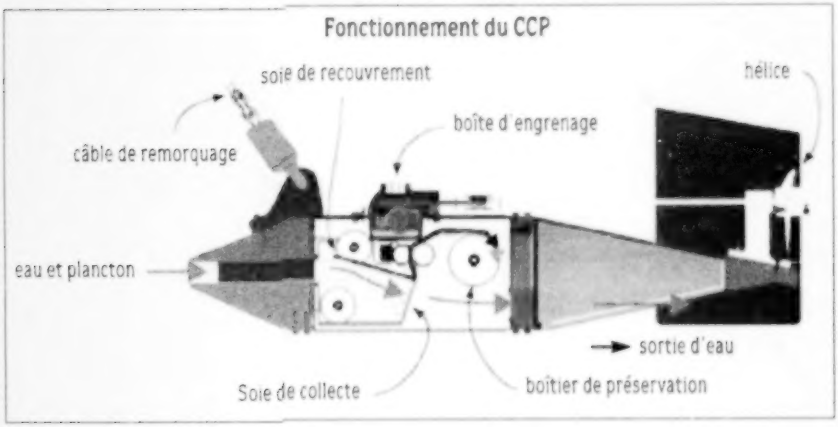


Figure 1
Depuis 1931, seuls des changements mineurs ont été apportés à la conception du CCP; les caractéristiques fondamentales de l'appareil pour l'échantillonnage n'ont guère changé. Le plancton est piégé sur une bande de soie et pris en sandwich par la soie qui le recouvre, puis cette bande est enroulée sur un tambour dans le boîtier de préservation. L'enroulement de la bande de soie est assuré par l'hélice, à l'arrière, qui fait tourner le tambour.

vulnérable au changement. Pour cette raison, les espèces de zooplancton sont d'excellents indicateurs de la variabilité et des perturbations de l'environnement.

> « *... le plancton peut être intégré à la variabilité météorologique; il pourrait donc servir à la cartographie des conséquences environnementales du changement de climat en milieu marin* ». [Traduction]
>
> (Reid et autres, 1998a, p. 282, par. 2)

Le compteur continu du plancton (Fig. 1, CCP) a été conçu par Sir Alister Hardy pour surmonter l'un des problèmes fondamentaux auxquels sont confrontés les biologistes spécialistes du plancton :

> « *Sur le plan des relations qualitatives et quantitatives, la composition du plancton est très irrégulière, et sa répartition dans l'océan, selon les endroits et dans le temps, est très inégale* ». [Traduction]
>
> (Haeckel (1890) dans Hardy, 1936, p. 513, par. 3)

Bref, le CCP est un solide instrument d'échantillonnage, facile à utiliser, qui peut être remorqué à une vitesse de 5–20 nœuds par un gros navire doté d'un treuil. Le plancton est continuellement recueilli sur une bande de soie et intégré à des segments qui représentent une section de 5 ou 10 milles nautiques d'un transect. Ensemble, ces caractéristiques permettent l'enregistrement rapide et fréquent du zooplancton avec une grande couverture spatiale et une résolution temporelle élevée. La profondeur de remorquage du CCP est ~ 10 m. L'utilisateur peut donc se concentrer sur les couches de surface de l'océan, alors que la petite ouverture (1,6 cm^2) et le filet à mailles relativement petites (270 µm) permettent de recueillir surtout des échantillons de zooplancton de la taille du méso-zooplancton (0,5–10 mm).

Le prototype de CCP a été utilisé pour la première fois dans l'océan Austral durant l'expédition du RRS *Discovery* de 1925–1927. Les problèmes de conception qui se sont posés au cours de cette expédition ont été corrigés après le retour de l'équipe au R.-U. Le modèle amélioré Mark II a été déployé en septembre 1931 sur un transect allant de Hull à Hambourg. À partir de ces débuts modestes, les opérations d'échantillonnage au moyen du CCP se sont rapidement intensifiées, car l'instrument a été utilisé sur un nombre croissant de « navires d'occasion », y compris des ferries et des cargos. Ce type d'échantillonnage a donné lieu à un programme de surveillance à long terme qui fournissait chaque mois des données sur la mer du Nord et l'Atlantique Nord. L'actuel programme d'enregistrement continu du plancton dans l'hémisphère Nord, parrainé par la Sir Alister Hardy Foundation for Ocean Science (SAHFOS), a permis de constituer l'un des ensembles de données à long

terme sur le milieu marin les plus vastes et les plus temporellement détaillés. Les analyses par séries chronologiques ont permis de constater des changements à long terme dans l'abondance du plancton, et son comportement migratoire, ainsi que dans les cycles des populations et la structure des communautés. Ces changements étaient dus aux changements océanographiques, aux cycles climatiques (p. ex., l'oscillation nord-atlantique), à la tendance au réchauffement dans l'hémisphère Nord et à l'eutrophisation. Ils ont marqué une progression ascendante dans tout l'écosystème et affecté les niveaux trophiques supérieurs, y compris les oiseaux de mer, ainsi que le recrutement d'espèces de poissons importantes sur le plan commercial, comme la morue et le saumon (p. ex., Aebischer et autres, 1990; Beaugrand et Reid, 2003).

C'est le succès du programme d'enregistrement continu du plancton dans l'hémisphère Nord qui a donné lieu à la création d'un programme semblable pour l'océan Austral. Les premiers échantillonnages ont été effectués dans la zone de glace saisonnière. Cependant, en 1996 l'étude de l'océan Austral a été étendue de manière à inclure des échantillonnages réguliers dans la zone océanique libre de glaces en permanence (POOZ), ce qui permettait de profiter des trajets de ré-approvisionnement entre la Tasmanie et les stations antarctiques de l'Australie, et des expéditions consacrées aux sciences de la mer.

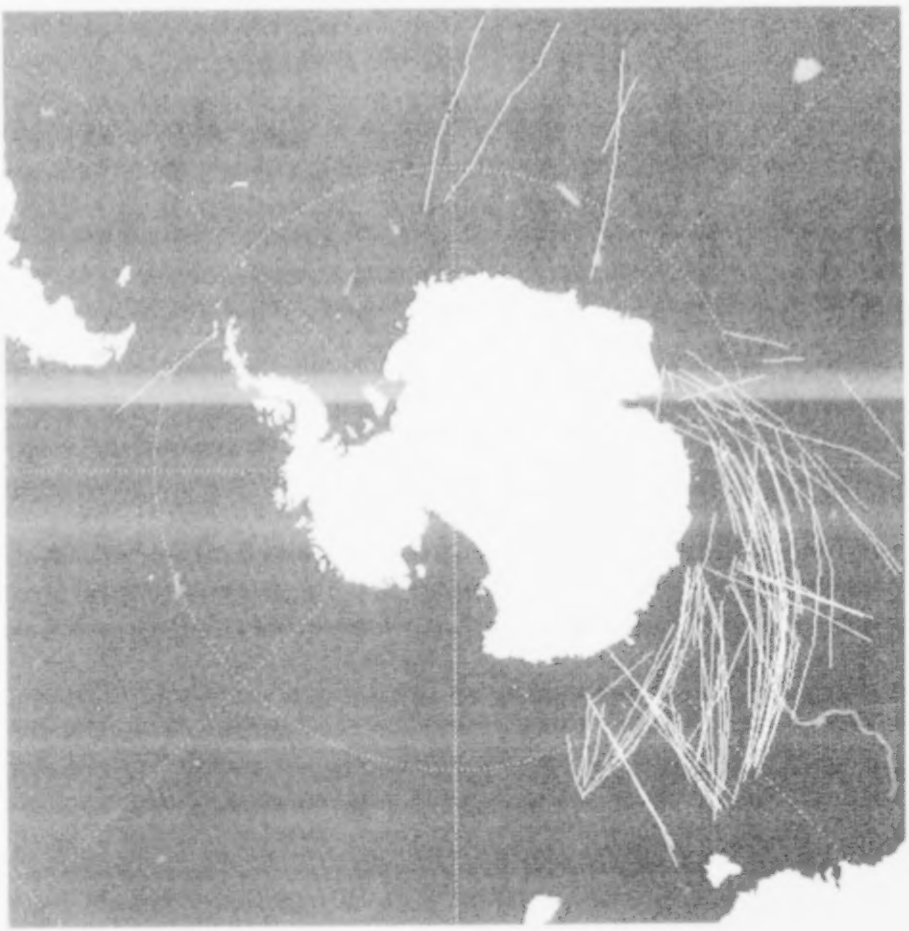


Figure 2
Lieux des remorquages de CCP effectués à ce jour dans l'océan Austral.

Depuis 1997, des opérations de remorquage de CCP sur une distance moyenne de 6 946 milles nautiques ont été effectuées chaque année au moyen du navire australien de recherche et d'approvisionnement *Aurora Australis*. Depuis 1999, d'autres prélèvements ont été effectués sur une distance de 3 414 milles nautiques par année à partir des navires de l'expédition japonaise de recherche antarctique. En 2004, l'Allemagne a participé aux travaux, en faisant d'abord des échantillonnages annuels dans le secteur de l'océan Indien, puis en augmentant la couverture jusqu'à ~ 45 % de l'océan Austral.

Comparativement à celui de l'hémisphère Nord, l'enregistrement continu du plancton dans l'océan Austral (Fig. 2) n'en est qu'à ses premiers balbutiements. Au début, les chercheurs se sont attachés à recenser les communautés et à déterminer leur répartition spatiale, ayant effectué les premiers échantillonnages à haute résolution du zooplancton sur une grande échelle dans région sud de l'Australie. Plus tard, la succession saisonnière des communautés a été décrite, fournissant ainsi les données de base nécessaires à l'interprétation des futurs changements. Un certain nombre d'études méthodologiques, utiles à toutes les recherches pour l'enregistrement continu du plancton, ont aussi été menées. Les échantillons ont été calibrés en fonction des remorquages de filets verticaux traditionnels, alors que des débitmètres ont servi à quantifier le bouchage et le volume filtré par l'appareil dans différentes conditions. La prochaine étape du processus : entreprendre l'analyse de la variation interannuelle.

> *« Le problème tient au fait que la surveillance à long terme est souvent incompatible avec les décisions à court terme à propos du financement. Quand une séquence de données continue a été rompue, on ne peut jamais la reconstituer ».* [Traduction]
>
> (Nick Carter, Rothamsted Insect Survey, 1989)

Compte tenu du récent enregistrement continu du plancton effectué dans l'océan Austral par un groupe d'action du CSRA (Comité scientifique pour les recherches antarctiques) et de la collaboration internationale croissante, ce programme de surveillance semble prometteur. Nous avons très hâte de voir ce que les années à venir nous apporterons et de savoir ce que les enregistrements nous apprendront sur les écosystèmes marins de l'océan Austral et de l'Antarctique.

Références

Aebischer, N.J., J.C. Coulson et J.M. Colebrook. 1990. Parallel long-term trends across four marine trophic levels and weather. *Nature*, 347(6295), 753-755.

Beaugrand, G. et P.C. Reid. 2003. Long-term changes in phytoplankton, zooplankton and salmon related to climate. *Global Change Biology*, 9(6), 801-817.

Hardy, A.C., 1936. Observations on the uneven distribution of oceanic plankton. *Discovery Reports* 11, 511-538.

Hosie, G.W., M. Fukuchi et S. Kawaguchi, 2003. Development of the Southern Ocean Continuous Plankton Recorder Survey. *Progress in Oceanography*, 58(2-4), 263-283.

Reid, P.C., B. Planque et M. Edwards, 1998. Is observed variability in the long-term results of the Continuous Plankton Recorder survey a response to climate change? *Fisheries Oceanography*, 7(3-4), 282-288

Reid, P.C., J.M. Colebrook, J.B.L. Matthews, J. Aiken et l'équipe d'enregistrement continu du plancton, 2003. The Continuous Plankton Recorder: concepts and history, from the Plankton Indicator to undulating recorders. *Progress in Oceanography*, 58(2-4), 117-173.

Zwally, H.J., 1994. Detection of change in Antarctica. Dans Hempel, G., éd. *Antarctic science: global concerns*. Berlin, Springer Verlag, 126-143.

Remarque : Pour un aperçu de l'enregistrement continu du plancton de l'hémisphère Nord, voir Reid et autres (2003), et pour celui de l'océan Austral, voir Hosie et autres (2003).

Brian Hunt (bhunt@eos.ubc.ca), un diplômé de l'Université de Rhodes, Afrique du Sud, et de l'Université de la Tasmanie, Australie, est collaborateur à la recherche pour l'enregistrement continu du plancton de l'océan Austral. Il est actuellement boursier postdoctoral au Département des sciences de la Terre et des océans à l'Université de la Colombie-Britannique. Il fait de la recherche sur l'écologie trophique pélagique et les cycles biogéochimiques.

Changements dans l'océan Austral dus à l'influence des humains

John C. Fyfe et Oleg A. Saenko

Dernièrement, nous avons montré que le réchauffement plus élevé que prévu des eaux de niveau intermédiaire de l'océan Austral observé au cours des dernières décennies (Fig. 1) avait été reproduit dans la plus récente série de simulations de modèles climatiques planétaires, qui incluent les changements temporels variables dans les gaz à effet de serre anthropiques, les aérosols de sulfate et les aérosols volcaniques présents dans l'atmosphère terrestre (Fyfe, 2006). La remarquable concordance notée entre les observations et les modèles climatiques planétaires très perfectionnés laisse supposer que l'activité humaine exerce une influence considérable sur les températures de l'océan Austral, qui sont en grande partie réduites par les poussières volcaniques et les aérosols industriels présents dans l'atmosphère. Les simulations de modèles climatiques planétaires montrent aussi une augmentation et un déplacement vers les pôles de la tension du vent exercée sur la surface (Fyfe, 2003; Fyfe et Saenko, 2006; Kushner et autres, 2001), qui semblent concorder avec le changement observé dans le mode annulaire austral (MAA), qui donne un indice plus élevé (Fyfe et autres, 1999; Marshall, 2003; Thompson et autres, 2000). Dans d'autres textes récents, nous avons montré que les changements dans la circulation zonale et méridionale de l'océan, dans la région, concordent grandement avec les changements dans la tension zonale du vent (Fyfe et Saenko, 2005, 2006; Saenko et autres, 2005). Nous constatons, entre autres, une augmentation et un déplacement vers le pôle du courant circumpolaire antarctique (CCA), ainsi qu'un accroissement du transport géostrophique en direction sud dans l'océan à un niveau inférieur, à environ 2 000 m, aux latitudes non bloquées du passage Drake. Selon les prévisions pour l'avenir, le CCA continuera à s'accentuer et à se déplacer en direction du pôle. Nous estimons que ces futurs changements, s'ils se produisent, pourraient avoir d'importantes conséquences sur l'absorption du CO_2 anthropique, et donc sur la capacité des océans d'atténuer l'impact du réchauffement de la planète (Fyfe et Saenko, 2006).

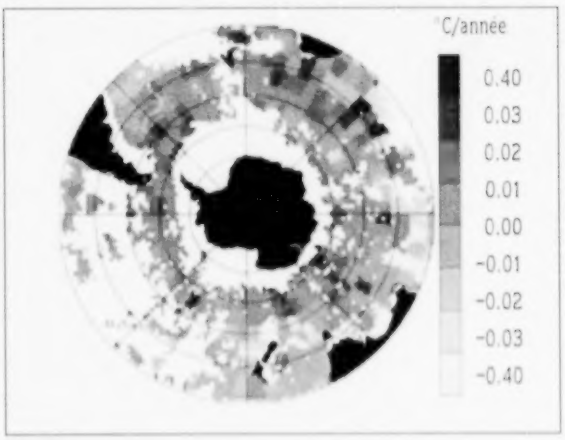


Figure 1
Différences entre les tendances des températures à mi-profondeur établies au moyen du flotteur ALACE (appareil d'exploration lagrangien) et celles résultant des mesures hydrographiques prises à bord de navires, selon des moyennes d'intervalle, dans des carrés de 5° de longitude sur 5° de latitude (d'après Gille, 2002). Des flotteurs ALACE et des navires ont été utilisés si les mesures hydrographiques ont été prises après 1930, à des intervalles d'au moins dix ans et sur des distances séparées par moins de 220 km. Les cercles de latitude sont établis à partir de 30°S et sont séparés par des intervalles de 10°. Une moyenne allant de 35°S à 65°S donne un taux de réchauffement moyen de 0,004 ± 0,001 °C par année, soit presque le double du taux de changement dans les 1 000 m supérieurs de l'océan mondial (Levitus et autres, 2000). (Pour la version en couleur, voir Fyfe, 2006.)

Nos plus récents travaux ont été effectués pour permettre de comprendre le rôle que l'augmentation et le déplacement vers le pôle des vents d'ouest de surface subpolaires (p. ex., avec le changement dans le MAA qui donne un indice plus élevé) pourraient avoir joué dans le réchauffement anthropique plus élevé que prévu de l'océan Austral observé depuis les années 1950 (Fyfe et autres, 2006). C'est pourquoi on a

actionné un modèle climatique mondial de complexité intermédiaire utilisant ensemble, et séparément, a) les émissions de CO_2 et b) la tension du vent de surface (temporellement variables) produits par la dernière série de simulations de modèles climatiques planétaires entièrement couplées (Fyfe et Saenko, 2006). Ces expérimentations laissent supposer que la contribution à la structure de réchauffement de subsurface de l'océan Austral attribuée aux émissions croissantes de CO_2 et celle attribuée à l'intensification du déplacement vers le pôle sont à peu près égales. En outre, elles confirment des expérimentations récentes faites à l'aide d'un modèle océanique à haute résolution, qui laissent supposer que l'activité de remous accrue à méso-échelle, associée à l'intensification des vents d'ouest subpolaires, peut influer sur la structure de réchauffement de l'océan Austral. Nous constatons entre autres que le transport de chaleur accru en direction du pôle sur tout le MAA, associé à l'activité de remous accrue, augmente considérablement le réchauffement de l'océan Austral au sud du MAA.

Avec la collaboration du groupe de la modélisation climatique de l'Université de Victoria, nous examinons la réaction du cycle du carbone à l'échelle mondiale face aux changements anthropiques dans les vents d'ouest subpolaires. Nous avons constaté que les vents plus intenses en direction du pôle exercent un effet opposé sur l'absorption du carbone océanique de la planète pour les expériences menées avec un modèle qui donne un degré zéro d'émissions et celles menées avec un modèle qui indique une augmentation des émissions de CO_2. Dans le cas du degré zéro d'émissions, les vents changeants entraînent une nette libération du gaz carbonique durant les 20e et 21e siècles, alors que dans le cas qui indique une augmentation des émissions de CO_2, ces vents freinent l'absorption de CO_2 au 20e siècle, puis l'augmentent par la suite (Zickfeld et autres, 2006).

Références

Fyfe, J.C., 2003. Extratropical Southern Hemisphere cyclones: harbingers of climate change? *J. Climate*, **16**(17), 2802–2805.

Fyfe, J.C., 2006. Southern Ocean warming due to human influence. *Geophys. Res. Lett.*, **33**(19), L19701. (10.1029/2006GL027247.)

Fyfe, J.C. et O.A. Saenko, 2005. Human-induced change in the Antarctic Circumpolar Current. J. Climate, 18(15), 3068–3073.

Fyfe, J.C. et O.A. Saenko, 2006. Simulated changes in the extratropical Southern Hemisphere winds and currents. *Geophys. Res. Lett.*, **33**(6), L06701. (10.1029/2005GL025332.)

Fyfe, J.C., G.J. Boer et G.M. Flato, 1999. The Arctic and Antarctic oscillations and their projected changes under global warming. *Geophys. Res. Lett.*, **26**(11), 1601–1604.

Fyfe, J.C., O.A. Saenko, K. Zickfeld, M. Eby et A.J. Weaver, 2006. The role of poleward intensifying wind on Southern Ocean warming. *J. Climate*, soumis.

Gille, S.T., 2002. Warming of the Southern Ocean since the 1950s. *Science*, **295**(5558), 1275–1277.

Kushner, P.J., I.M. Held et T.L. Delworth, 2001. Southern Hemisphere atmospheric circulation response to global warming. *J. Climate*, **14**(10), 2238–2249.

Levitus, S., J.I. Antonov, T.P. Boyer et C. Stephens, 2000. Warming of the world ocean. *Science*, **287**(5461), 2225–2229.

Marshall, G.J., 2003. Trends in the Southern Annular Mode from observations and reanalyses. *J. Climate*, **16**(24), 4134–4143.

Saenko, O.A., J.C. Fyfe et M.H. England, 2005. On the response of the oceanic wind-driven circulation to atmospheric CO_2 increase. *Climate Dyn.*, **25**(4), 415–426.

Thompson, D.W.J., J.M. Wallace et G.C. Hegerl, 2000. Annular modes in the extratropical circulation. Part II: Trends. *J. Climate*, **13**(5), 1018–1036.

Zickfeld, K., O.A. Saenko, M. Eby, J.C. Fyfe et A.J. Weaver, 2006. Simulated changes in the extratropical Southern Hemisphere winds and currents. Geophys. Res. Lett., soumis.

John Fyfe (john.fyfe@ec.gc.ca), est diplômé des universités de Regina et McGill. Il s'intéresse à la variabilité, à la prévisibilité et au changement du climat. Oleg Saenko (oleg.saenko@ec.gc.ca) est diplômé de l'Institut d'hydrophysique marine, de Sébastopol, Ukraine. Il s'intéresse à la circulation océanique et au climat. Les deux sont chercheurs scientifiques au Centre canadien de modélisation et d'analyse du climat, à Victoria, Colombie-Britannique.

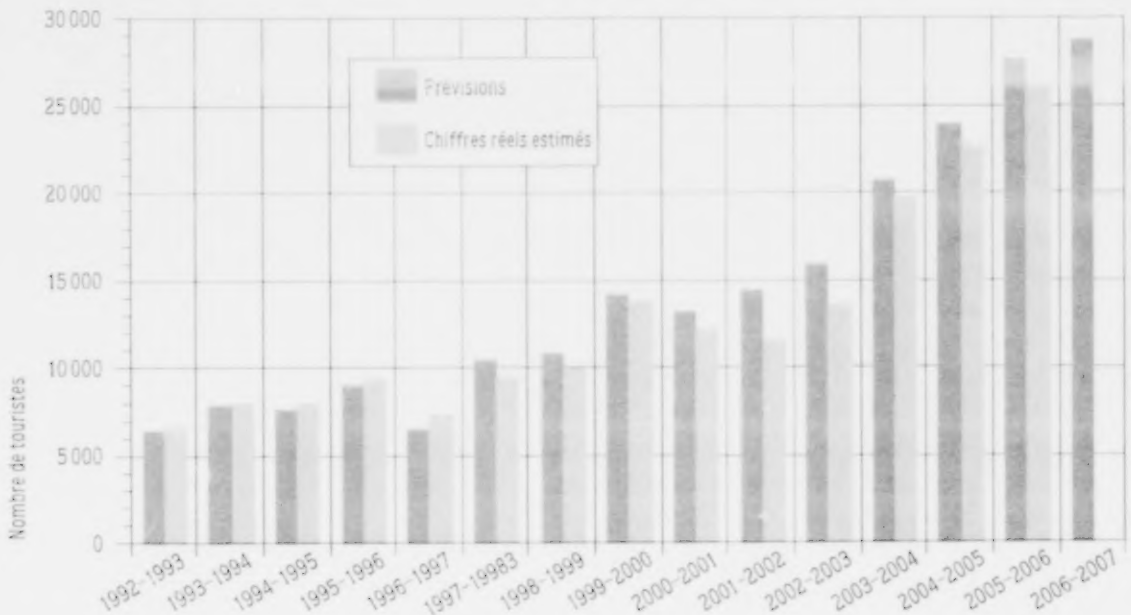
Recensement sur un site antarctique

Louise K. Blight

En novembre et décembre 2006, j'irai dans la péninsule antarctique. À bord du navire de touristes *Endeavour*, je participerai aux prochains travaux saisonniers de l'Antarctic Site Inventory (ASI) des É.-U. L'ASI mène des opérations dans la région de la péninsule depuis novembre 1994, à l'aide de navires de croisières qui assurent les déplacements entre les divers sites et servent à l'observation de l'impact de l'activité humaine sur les manchots et les autres animaux sauvages de l'Antarctique. Depuis 2003, l'ASI exploite un camp de recherche saisonnier sur l'île Petermann.

Au cours de la dernière décennie, le nombre de touristes dans l'Antarctique a considérablement augmenté. On prévoit qu'il triplera (de 9 604 en 1997–1998) pour atteindre 28 826 durant la saison 2006–2007 (Fig. 1). On notera surtout une concentration de visiteurs dans la région de la péninsule. Le but primordial de l'ASI : recenser et surveiller les manchots et autres oiseaux marins aux endroits visités par les touristes, depuis les îles Orkney Sud jusqu'à la baie Marguerite, sur la péninsule du sud-ouest de l'Antarctique. À chaque site d'étude, on recueille des données de base sur une gamme de variables biologiques et physiques. Les données et les renseignements recueillis par l'ASI sont diffusés dans le monde entier; ils servent entre autres à aider les pays signataires de traités à gérer les activités aux endroits où on accueille des visiteurs.

Louise K. Blight (lkblight@sfu.ca) est une écologiste spécialiste des oiseaux de mer établie à Victoria, Colombie-Britannique. Son séjour sera son deuxième stage de travail saisonnier pour l'Antarctic Site Inventory. En 2003–2004, elle a passé l'été à Cape Royds, à titre de chercheure d'un projet concernant les manchots d'Adélie financé par la National Science Foundation. En janvier 2007, Louise entreprendra des études de doctorat en biologie de préservation du milieu marin, à l'Université de la Colombie-Britannique.



Tuniciers pélagiques de l'Antarctique : Cycles biologiques et importance écologique (SO-GLOBEC)

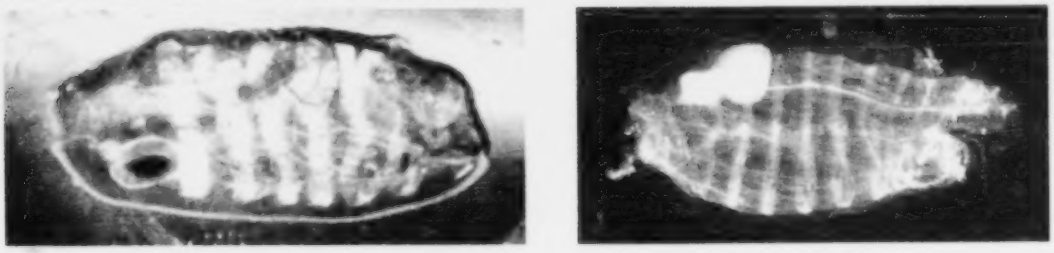
Evgeny A. Pakhomov

Au cours de la dernière décennie, on a noté une augmentation de l'intérêt porté aux tuniciers pélagiques de l'océan Austral, notamment à ceux de l'espèce *salpa thompsoni* (Pakhomov et autres, 2002). Les salpes sont considérées comme les gros organismes filtreurs les plus importants au sud de la convergence subtropicale, pour ce qui est de leur poids humide, et elles se classent au troisième rang des métazoaires incluant les copépodes et le krill antarctique, *euphausia superba*, en termes de masse carbonique (Voronina, 1998). Vu leur capacité de reproduction asexuée rapide (bourgeonnement), les salpes peuvent former des essaims denses, dominant ainsi le zooplancton dans diverses régions de l'océan Austral et modifiant l'économie du réseau alimentaire pélagique de l'Extrême-Antarctique (Pakhomov et autres, 2002; Walsh et autres, 2001). Un filet d'alimentation à fines mailles de salpes permet d'éliminer de la colonne d'eau par filtrage les particules de micro-dimensions qui s'intègrent partiellement à la biomasse des métazoaires, mais surtout aux boulettes fécales qui s'enfoncent rapidement, ce qui fait sortir le carbone biogène des eaux de surface et le transfère dans des bassins de longue durée ou au fond des mers (Le Fèvre et autres, 1998).

On a longtemps considéré les *s. thompsoni* comme des organismes trouvés dans les eaux du bas Antarctique (45–55°S) et dont il n'y avait qu'un nombre limité dans les mers littorales entourant le continent antarctique (Foxton, 1966). Mais depuis un demi-siècle la répartition des salpes a changé, les populations s'étant déplacées vers le sud (Atkinson et autres, 2004; Pakhomov et autres, 2002). Comme les *s. thompsoni* constituent une espèce des climats froids-tempérés, cela indique qu'un changement environnemental à grande échelle pourrait s'être produit ou est en cours dans les régions antarctiques (De la Mare, 1997). Vu le maintien probable du réchauffement des courants océaniques au sud de 45°S (Levitus et autres, 2000), nous ne pouvons exclure la possibilité d'extension des populations de salpes vers le sud, c'est-à-dire dans les mers littorales de l'Antarctique. Si les *s. thompsoni* survivent et se propagent en permanence dans ces zones, elles auront un impact considérable sur la structure des écosystèmes et la biogéochimie. On suppose que l'extension des *s. thompsoni* vers le sud pourrait entraîner une chute radicale des stocks et de la productivité du krill de l'Antarctique (espèce importante pour les pêches commerciales) à cause de la diminution de l'extension spatiale de leur biotope (Pakhomov et autres, 2002).

Depuis 2001, je travaille au volet des salpes du Programme concernant la dynamique des écosystèmes océaniques de la planète (GLOBEC) avec C. Dubischar et le pr U. Bathmann de l'Institut Alfred Wegener pour la recherche polaire et

Figure 1
Tuniciers pélagiques de l'Antarctique : (gauche) *ihlea racovitzai* (~40 mm forme solitaire, photo prise par Pakhomov E.A.) et (droite) *salpa thompsoni* (~30 mm forme solitaire, photo prise par J. Michels).



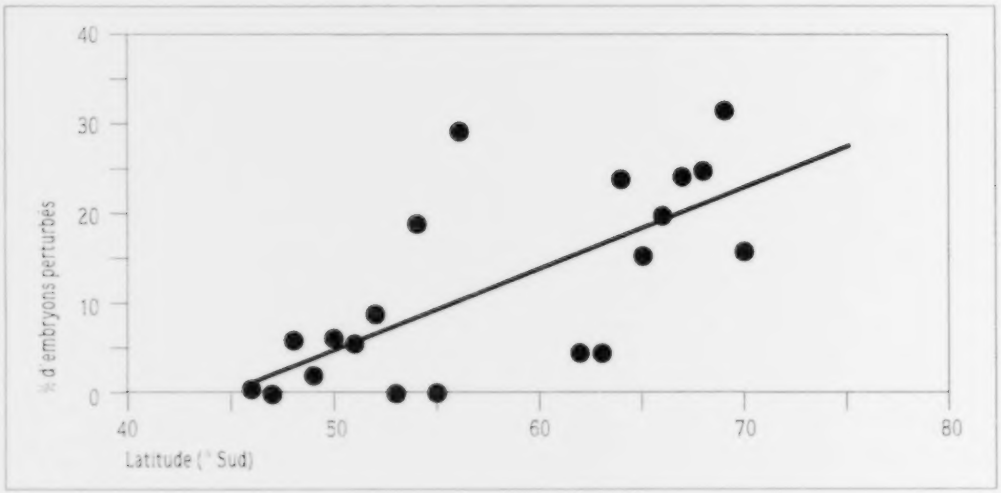


Figure 2

marine, Bremerhaven. Au cours des trois dernières années, nos travaux se sont concentrés dans la mer de Lazarev, dans le cadre de l'étude pluri-annuelle allemande SO-GLOBEC sur le krill de la mer de Lazarev (LAKRIS). Même si l'étude LAKRIS porte sur la compréhension de la stratégie d'évolution biologique du krill de l'Antarctique, notre groupe s'est attaché à deux autres métazoaires importants : les tuniciers pélagiques *s. thompsoni* et *thlea racovitzai* (Fig. 1). Trois croisières ont été réalisées à bord du RV *Polarstern* (automne 2004, été 2005–2006 et hiver 2006) dans une zone de l'océan Austral mesurant environ 800 km de largeur, qui s'étend de la côte de la Terre Dronning Maud jusqu'à un point proche de la limite sud du courant circumpolaire antarctique. Atkinson et autres (2004) ont fourni de l'information sur la répartition spatiale des *salpa thompsoni* dans cette zone de l'étude LAKRIS et d'autres régions de l'océan Austral.

On a déjà avancé l'hypothèse que, dans des conditions défavorables, les *s. thompsoni* pourraient être advectées dans les mers continentales de l'Antarctique et piégées (Pakhomov et autres, 2002). Des spécialistes ont noté que ces populations de salpes sont composées d'agrégats de petite taille et pourraient être grandement constituées (jusqu'à 100 %) d'individus dont le développement a été quelque peu retardé. L'analyse d'un vaste ensemble de données recueillies au cours de huit croisières a révélé qu'en moyenne ~ 30 % des agrégats aux endroits les plus au sud n'avaient pas d'embryons (Fig. 2), c'est-à-dire que leur cycle biologique ne pouvait être complet à ces endroits. Cela laisse supposer que dans les mers littorales de l'Antarctique, nous pourrions avoir affaire à des populations « fantômes » de *s. thompsoni*, qui ont été advectées dans la zone par les courants et n'ont pu survivre durant l'hiver. Les mécanismes d'advection et de survie des salpes font encore l'objet d'études.

Les prélèvements d'échantillons saisonniers dans la mer de Lazarev ont donné une occasion unique d'observer le comportement des populations de deux espèces de salpes pendant toute l'année. Les constatations préliminaires indiquent que les populations des deux espèces de salpes n'étaient pas nombreuses dans la mer de Lazarev durant la période 2004–2006, par rapport à celles des mers du Nord. Il y avait une forte variabilité interannuelle dans la composition des espèces de salpes et la densité observées dans la mer de Lazarev. L'espèce *s. thompsoni* constituait la majeure partie de la communauté de salpes, et c'est durant l'automne 2004 que les plus grands nombres ont été observés, alors que l'espèce *i. racovitzai* dominait durant l'hiver 2006. La plupart des spécimens de *s. thompsoni* qui ont été trouvés étaient concentrés dans la partie nord de la zone d'étude et aux environs de Maud Rise (Fig. 3). Cependant,

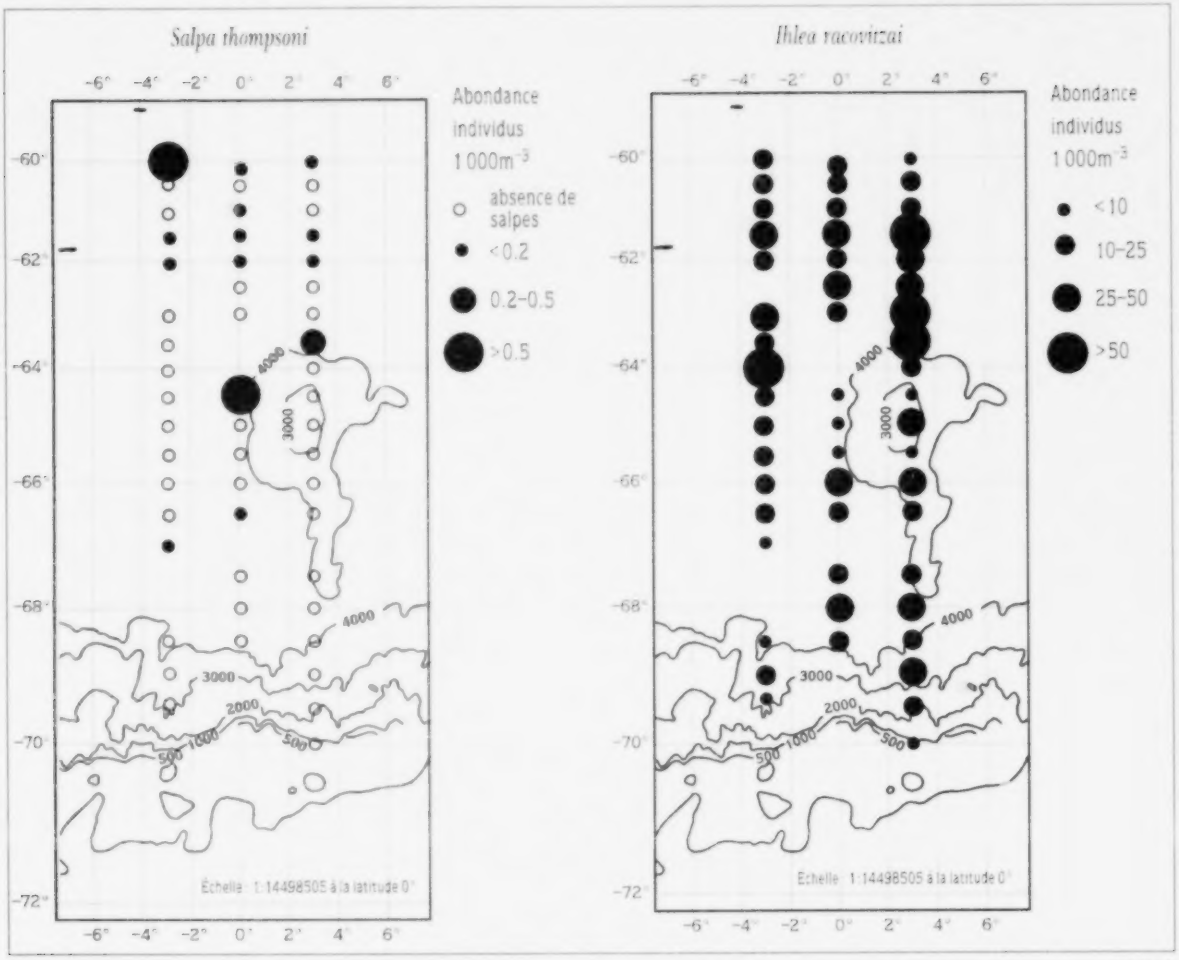


Figure 3

à l'automne 2004, on a observé de fortes densités de *s. thompsoni* dans la partie sud-ouest de la zone d'étude. On ne connait pas encore les raisons de cette prolifération. Contrairement à l'espèce précédente, l'espèce *i. racovitzai* était répartie d'une manière relativement uniforme dans toute la mer de Lazarev. Les densités étaient un peu plus élevées dans le milieu de la zone d'étude (Fig. 3).

Le cycle saisonnier des populations de salpes paraissait semblable entre les années, malgré les différences substantielles dans leur densité. Les *s. thompsoni* étaient surtout représentées par des formes agrégées (reproducteurs sexués) durant l'été et l'hiver. Les *i. racovitzai*, qui comprenaient surtout des gros spécimens (> 40 mm de longueur) toute l'année, ont produit de nombreuses cohortes de petits solitaires (~ 12–15 mm de longueur) juste avant l'étude de l'hiver. Vu l'absence de données antérieures sur cette espèce, il est difficile de savoir si ce comportement est normal pour la population de *i. racovitzai*. D'autres études s'imposent.

Actuellement, les spécimens de salpes *s. thompsoni* et *i. racovitzai* recueillis dans la mer de Lazarev sont soumis à

diverses analyses qui devraient permettre de mieux comprendre leur composition élémentaire et biochimique, leurs caractéristiques démographiques, la dynamique de leur cycle biologique, leur écologie d'alimentation et leur signature d'isotope stable, pour déterminer leur capacité de survie dans des conditions proches de leurs limites physiologiques (surtout les eaux froides) dans les mers de l'Extrême-Antarctique. Toutefois, on constate de plus en plus que : a) la température de l'eau est le plus important paramètre environnemental qui influe sur les salpes, notamment les *s. thompsoni*; et b) l'hydrologie locale a une importance cruciale pour l'explication des modes de répartition des salpes dans l'Extrême-Antarctique.

Références

Atkinson, A., V. Siegel, E. Pakhomov et P. Rothery, 2004. Long-term decline in krill stock and increase in salps within the Southern Ocean. *Nature*, **432**(7013), 100–103.

De la Mare, W.K., 1997. Abrupt mid-twentieth-century decline in Antarctic sea-ice extent from whaling records. *Nature*, **389**(6646), 57–60.

Emelyanov, Y.N. et V.G. Konovalov, 1975. Estimation of total ablation on Central Asian glaciers. IAHS Publ. 104 (Symposium à Moscou 1971 – *Neige et glace*), 99–105.

Foxton, P., 1966. The distribution and life-history of *Salpa thompsoni* Foxton with observations on a related species, *Salpa gerlachei* Foxton. *Discovery Reports* 34, 1–116.

Le Fèvre, J., L. Legendre et R.B. Rivkin, 1998. Fluxes of biogenic carbon in the Southern Ocean: roles of large microphagous zooplankton. *J. Mar. Syst.*, **17**(1–4), 325–345.

Levitus, S., J.I. Antonov, T.P. Boyer et C. Stephens, 2000. Warming of the world ocean. *Science*, **287**(5461), 2225–2229.

Pakhomov, E.A., P.W. Froneman et R. Perissinotto., 2002. Salp/krill interactions in the Southern Ocean: spatial segregation and implications for the carbon flux. *Deep-Sea Res. II*, **49**(9–10), 1881–1907.

Voronina, N.M., 1998. Comparative abundance and distribution of major filter-feeders in the Antarctic pelagic zone. *J. Mar. Syst.*, **17**(1–4), 375–390.

Walsh, J.J., D.A. Dieterle et J. Lenes, 2001. A numerical analysis of carbon dynamics of the Southern Ocean phytoplankton community: the roles of light and grazing in effecting both sequestration of atmospheric CO_2 and food availability to larval krill. *Deep-Sea Res. I*, **48**(1), 1–48.

Evgeny A. Pakhomov (epakhomov@eos.ubc.ca) est diplômé de l'Institut d'océanologie Shirshov, Moscou, et professeur adjoint au Département de zoologie, Faculté des sciences et de l'agriculture, Université de Fort Hare, Alice, Afrique du Sud. Il est aussi professeur agrégé d'océanographie biologique et des pêches au Département des sciences de la Terre et des océans, à l'Université de la Colombie-Britannique.

Students On Ice – Promotion des études en science polaire

Chris Ralph

En juin 2006, le Canada a soumis à la XXIX[e] Réunion consultative au Traité sur l'Antarctique (RCTA) un document d'information sur les fructueuses expéditions Students on Ice (SOI). Depuis la date de sa création il y a sept ans, cet organisme éducatif de Chelsea, Québec, qui a gagné des prix, a mené six expéditions dans la région de la péninsule antarctique et cinq expéditions dans les régions arctiques au cours des étés successifs, auxquelles ont participé environ 150 étudiants chaque année.

La philosophie à la base du programme vise à inspirer et à éduquer les élèves des écoles secondaires et les étudiants des universités qui sont sur le point d'entreprendre une carrière. Ces futurs décideurs sont les personnes qui seront directement touchées par le changement de climat et les conséquences de la gestion des ressources naturelles et des politiques internationales. Ils ont une occasion unique de profiter des expériences et des perspectives que peuvent offrir l'Antarctique et les régions polaires.

Les prochaines expéditions SOI en Antarctique et en Arctique, celles de 2007–2009, ont été reconnues par le comité mixte du Conseil international pour la science/Organisation mondiale de la Meteorologie (OMM) pour l'Année polaire internationale (API) comme un élément primordial du programme de l'API. L'organisme SOI s'efforce d'inciter les jeunes du monde entier, y compris ceux de tous les pays signataires du Traité sur l'Antarctique, à participer à ces expéditions éducatives, afin de sensibiliser les gens à l'API et d'inspirer la prochaine génération de chercheurs et de décideurs. Ces résultats feront partie de l'héritage permanent de l'API.

À l'approche de l'API, en pleine période où le monde entier s'intéresse aux nombreux changements extraordinaires que connaissent les régions polaires, plusieurs activités de SOI qui impliqueront les jeunes sont prévues pour l'API. Les expéditions SOI–API se dérouleront en août 2007 dans l'Arctique, et en décembre 2007 dans l'Antarctique. Ces expéditions arctiques et antarctiques seront les plus grandes initiatives de ce genre au monde; elles emmèneront des jeunes aux deux pôles durant les années de l'API. Les expéditions éducatives prévues pour plus de 500 jeunes de différents pays leur feront vivre une expérience exaltante, qui transformera leur vie, lorsqu'ils exploreront les régions polaires. Des élèves des écoles secondaires et des étudiants des universités feront le voyage avec des équipes de scientifiques, d'experts de l'environnement et des dossiers polaires, d'éducateurs et de journalistes de divers pays, à bord de navires équipés pour la navigation dans les glaces. Il y aura environ 100 participants par expédition.

Comme pour les expéditions SOI antérieures, les étudiants participeront à des conférences, à des ateliers et à des travaux de recherche pratique. Ils se pencheront sur des sujets relevant des domaines suivants : biologie marine, géologie, glaciologie, sciences de la Terre, affaires environnementales, écologisme fondamental, politique, histoire, culture, flore et faune

polaires, océanographie, développement durable, art, savoir traditionnel et technologie appliquée. L'un des principaux thèmes de toutes les expéditions SOI sera l'impact du changement de climat dans les régions polaires ainsi que la nécessité de trouver des solutions aux niveaux local, national et mondial, pour pouvoir réduire nos empreintes écologiques et adopter un mode de vie plus respectueux de l'environnement.

Durant les expéditions, les participants communiqueront avec des gens de tout âge, dans le monde entier, au moyen d'un site Web spécial, d'un système de baladodiffusion, de vidéoconférences et d'autres procédés, pour leur faire part de leurs expériences.

SOI s'occupe aussi d'autres initiatives pour l'API. La communication et la sensibilisation font partie intégrante de la mission de l'API, et les responsables de SOI espèrent pouvoir atteindre un vaste public en travaillant avec des organismes canadiens et étrangers exceptionnels réputés. Les groupes concernés incluent entre autres : l'Agence spatiale canadienne; le Musée canadien de la nature; la Fondation EO Wilson pour la biodiversité; la Société géographique royale du Canada (SGRC); les comités directeurs internationaux et des jeunes Canadiens de l'API; la Fondation Stephen R. Bronfman; First Air; The Explorer's Club; et Inuit Tapiriit Kanatami.

L'un des passionnants projets est le concours national « En route vers le pôle » de la SGRC. Des élèves d'écoles secondaires de toutes les régions du Canada peuvent y participer en soumettant un texte, un court film ou une œuvre d'art qu'ils ont réalisée, qui traite des six thèmes de l'API. Ceux qui soumettront les meilleurs documents ou les meilleures œuvres obtiendront une bourse complète pour participer à l'une des expéditions SOI–API dans l'Arctique ou l'Antarctique. Deux concours seront tenus chaque année durant l'API.

Avec ses partenaires, l'organisme SPI a fixé autre but pour l'API : élaborer un programme d'études, trouver des ressources et créer des cours accrédités de niveau secondaire qui portent sur un thème polaire. Au début, ces cours seraient donnés dans les écoles secondaires de toutes les régions du Canada durant l'API.

L'organisme SOI est fier de s'associer avec les comités directeurs internationaux et des jeunes Canadiens de l'API pour la mise en œuvre de plusieurs initiatives, notamment la « Conférence internationale des jeunes sur les pôles ». Cette conférence parrainée par le Consortium européen des affaires polaires aura lieu en avril 2008. Elle réunira des jeunes des quatre coins du monde qui tiendront des débats sur les régions polaires. Des tables rondes, une conférence sur la recherche et une foire polaire sont prévues.

L'organisme SOI travaille en étroite collaboration avec l'Agence spatiale canadienne à un programme de bourses d'études. Durant l'API, l'ASC attribuera chaque année cinq bourses de 5 000 $ à des élèves canadiens d'écoles secondaires pour qu'ils puissent participer aux expéditions SOI–API. Les intéressés devront faire une demande, se soumettre au processus de sélection et fournir une preuve de leur intérêt, de leur connaissance et/ou de leur passion pour les technologies spatiales. L'ASC et l'organisme travailleront ensemble pour intégrer un volet spatial au programme éducatif des expéditions SOI. Parmi les collaborateurs, il y aura des scientifiques de l'ASC et peut-être aussi des astronautes qui participeront aux expéditions en tant que membres de l'équipe d'éducateurs!

En organisant ces expéditions éducatives uniques avec expériences pratiques dans les régions polaires et en appliquant des technologies émergentes (baladodiffusion, vidéoconférences, etc.), les responsables de SOI s'efforcent d'inspirer et de stimuler la prochaine génération de scientifiques des dossiers polaires, de chercheurs, de leaders en environnement, et de faire en sorte que l'API apporte un héritage dont on verra les effets bien après 2009.

Pour en savoir plus sur le programme Students on Ice–API, veuillez consulter le site Web www.studentsonice.com/ipy ou composer le 1-866-336-6423.

Chris Ralph (c.g.ralph@gmail.com) est gestionnaire de projet pour Students on Ice. Il a participé à plus de 50 expéditions en Arctique et en Antarctique.

L'armada Argo – Encore

Howard Freeland

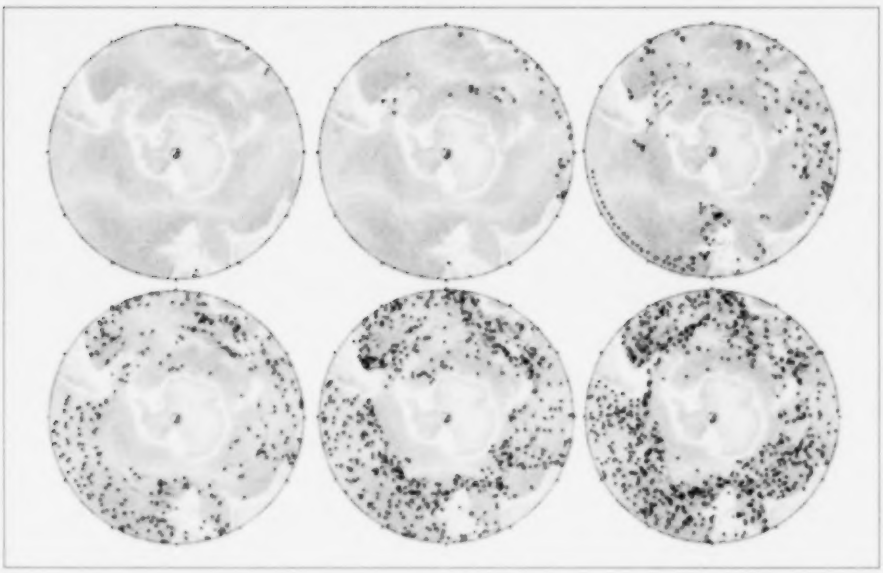


Figure 1
L'évolution du réseau Argo dans l'Antarctique de 2001 à 2006.

En 2002, le Canada a largué six flotteurs Argo pour faire des recherches sur la convection profonde au large de la côte du Chili, dans le cadre d'une étude sur la formation de l'eau intermédiaire de l'Antarctique. J'ai déjà rédigé, pour le bulletin du RCRA, un article qui exposait les objectifs de l'étude et faisait des prédictions sur l'évolution de la partie antarctique du réseau Argo. Le présent article vous donne les dernières nouvelles à ce sujet.

D'abord, un bref rappel sur le but et la nature de l'armada de flotteurs-profileurs Argo. Un flotteur Argo est un petit robot qui est largué à la surface de la mer. Après quelques heures, ce robot ajuste sa flottabilité et s'enfonce à une profondeur de 1 000 m où il dérive. Après dix jours, il ajuste encore une fois sa flottabilité et s'enfonce jusqu'à la profondeur de profilage, habituellement de 2 000 m, puis il remonte à la surface de la mer en prenant des mesures sur les propriétés de l'océan. Le profil ainsi établi est transmis aux installations terrestres par un satellite de la constellation Argos. Lorsque la transmission des données est terminée, le flotteur retourne à la profondeur où il dérive, également appelée « profondeur de stationnement ». Chaque flotteur doit avoir une énergie suffisante pour pouvoir effectuer plus de 150 cycles. Leur durée de vie est donc de 4–5 ans.

Il y a maintenant 2 560 flotteurs qui effectuent des relevés des océans dans le monde. Ceux-ci sont assez également répartis. Ils offrent tous les dix jours un aperçu uniforme des particularités climatiques de chacun des océans du monde. Malheureusement cette « couverture égale » ne s'applique pas à l'océan Arctique. Les flotteurs doivent atteindre la surface libre pour que leurs antennes puissent transmettrent les données à un satellite. Des spécialistes sont en train d'élaborer des options pour la mise au point de systèmes qui fonctionneront dans l'Arctique, mais le matériel n'est pas encore opérationnel.

La Figure 1 montre une série de schémas indiquant où sont les flotteurs Argo déployés dans l'Antarctique, une carte

pour chacune, à chaque 1er octobre, de 2001 à 2006. L'emplacement de chaque flotteur est indiqué par un point et une ligne derrière, qui montre la trajectoire des 80 jours antérieurs.

Au début, on avait annoncé l'intention de déployer dans le monde entier des flotteurs qui devaient être séparés par une distance d'environ 300 km. Pour réaliser une telle opération avec une couverture égale sur tous les océans, il faut prévoir environ 3 000 flotteurs. À l'heure actuelle, 26 pays ont largué des flotteurs, et au moment où je rédige cet article, 2 576 sont en activité. Il est un peu plus difficile d'atteindre l'objectif de densité égale.

On peut voir une carte illustrant la densité de flotteurs au 9 octobre 2006, c.-à-d. le nombre de flotteurs par unité de surface normalisé par le nombre souhaité de flotteurs, sur le site www.pac.dfo-mpo.gc.ca/sci/osap/projects/argo/images/EarthDensity.gif. L'objectif est d'avoir une carte rouge homogène, c.-à-d. qui montre une densité de 1,0 sur l'ensemble des océans. En gros, nous nous approchons de l'objectif de densité mondiale, mais certaines parties des océans rendent le déploiement d'instruments plus facile que d'autres. Donc, nous dépassons de beaucoup l'objectif fixé pour l'Atlantique N.-E., l'extension du Kuroshio et la mer du Japon. Par contre, on constate une nette absence d'instruments dans les profondeurs de l'océan Austral, parce que la glace nuit aux flotteurs. On constate aussi des lacunes considérables dans le secteur de l'océan Indien de l'océan Austral. Nous nous penchons maintenant sur ce problème.

Les 26 pays qui déploient des flotteurs ont convenu d'adopter une seule politique sur les données, ce qui signifie que quand un flotteur établit un profil CTP (conductivité, température, profondeur), les données peuvent habituellement être téléchargées dans les 24 heures, à partir de l'un des centres de données Argo du réseau mondial. Il y a plusieurs années, les responsables ont estimé que quand l'objectif de densité serait atteint, la quantité de données sur les particularités climatiques recueillies chaque année par le réseau Argo pour l'océan Austral dépasserait la somme des données obtenues au moyen de toutes les missions de recherche antérieures. Il semble donc que le réseau Argo marquera l'âge d'or de la recherche océanique.

Les données peuvent être uniformément téléchargées presque en temps réel par tout utilisateur sans contrainte. À l'Institut des sciences de la mer, nous avons créé un service qui permet à un utilisateur de tenir en permanence un dossier-miroir des archives Argo. Les données sont disponibles. Veuillez les utiliser, et n'hésitez pas à communiquer avec moi si vous voulez obtenir des conseils sur l'acquisition ou l'utilisation des données du réseau Argo.

Howard Freeland (freelandhj@pac.dfo-mpo.gc.ca) est chercheur scientifique à l'Institut des sciences de la mer du Ministère des Pêches et Océans, Sidney, Colombie-Britannique, et membre et coprésident de l'équipe du projet Argo.

Les nouvelles en bref

Julia Foght, Université de l'Alberta, est coprésidente de la troisième conférence internationale sur les affaires polaires et la microbiologie des milieux alpins, qui se tiendra à Banff en mai 2008.■

Suite au récent compte rendu d'**Olav Loken,** les lecteurs pourraient s'intéresser au nouveau livre de Dian Olson Belanger intitulé *Deep Freeze: the United States, the International Geophysical Year,* and the origins of Antarctica's age of science. Boulder, CO, Presses de l'Université du Colorado, 544 p. (ISBN : 0-87081-830-9, tissu 29,95 $).■

Michael Warr, un enseignant à la retraite qui vit en Colombie-Britannique, et qui a passé deux ans en Antarctique, au service

de la British Antarctic Survey, aux îles Déception et Adélaïde, a raconté ses expériences dans *South of Sixty: life on an Antarctic base*. Prince George, C.-B., Antarctic Memories Publishing (ISBN : 978-0-9738504-0-6, couverture souple, 26,45 $). (www.antarcticmemoriespublishing.com)■

Kevin Hall, Université de la Colombie-Brittanique du Nord, a été nommé membre du comité de rédaction d'Antarctic Science.■

Le professeur Chris Rapley, C.B.E., directeur de la British Antarctic Survey qui a récemment été élu président du CSRA, a fait une courte visite au Canada à la mi-octobre, à titre de conférencier sur des questions de changement planétaire. Il a rencontré des scientifiques et des représentants des gouvernements à Ottawa, Toronto et Calgary, pour promouvoir les dossiers antarctiques et l'API.■

Suite à l'échec de la mission d'étude de la Terre CryoSat, en octobre 2005, le comité chargé du Programme d'observation de la Terre de l'Agence spatiale européenne a approuvé une proposition pour le lancement de CryoSat-2 prévu pour 2009.■

L'Université de Canterbury, Christchurch, Nouvelle-Zélande, offre un programme d'enseignement de niveau supérieur menant à un certificat d'études sur l'Antarctique. Ce cours intensif de 14 semaines porte sur l'histoire, la science, le discours politique, les préoccupations environnementales et les futurs défis propres à l'Antarctique et à l'océan Austral. Les détails sont fournis sur le site www.anta.canterbury.ac.nz/courses/gcas/application.shtml.■

Membres et conseillers du CCAR/CCRA

Wayne Pollard (président)
Département de géographie
Université McGill
805, rue Sherbrooke Ouest
Montréal (Québec) H3A 2K6
Tél. : (514) 398-4454
Téléc : (514) 398-7437
pollard@felix.geog.mcgill.ca

Kathy Conlan
Musée canadien de la nature
C.P. 3443, succursale D
Ottawa (Ontario) K1P 6P4
Tél. : (613) 364-4063
Téléc : (613) 364-4027
kconlan@mus-nature.ca

Serge Demers
Institut des sciences de la mer de Rimouski (ISMER)
310, allée des Ursulines, C.P. 3300
Rimouski (Québec) G5L 3A1
Tél. : (418) 723-1986 x 1651
Téléc : (418) 724-1842
serge_demers@uqar.qc.ca

Marianne Douglas, directrice
Institut circumpolaire canadien
Université de l'Alberta
9625-112 Street
Edmonton (Alberta) T6G 0H1
Tél. : (780) 492-0055
Téléc : (780) 492-1153
marianne.douglas@ualberta.ca

Martin Sharp
Sciences de la Terre et de l'atmosphère
Université de l'Alberta
1-26 Earth Sciences Building
Edmonton (Alberta) T6G 2E3
Tél. : (780) 492-4156
Téléc : (780) 492-2030
martin.sharp@ualberta.ca

Dave Williams
c/o Astronaut Office, Mail Code CB
Johnson Space Center
2101 NASA Parkway
Houston, Texas 77058
U.S.A.
Tél. : (281) 244-8883

Fred Roots (conseiller sur l'Antarctique CCAP)
Environnement Canada
351, boul. St-Joseph, 1er étage
Ottawa (Ontario) K1A 0H3
Tél. : (819) 997-2393
Téléc : (819) 997-5813
fred.roots@ec.gc.ca

Warwick F. Vincent (président sortant)
Département de biologie
Université Laval
warwick.vincent@bio.ulaval.ca

Simon Ommanney (secrétaire du CCRA)
27 Glen Davis Crescent
Toronto (Ontario) M4E 1X6
Tél. : (416) 686-6307
simon.ommanney à sympatico.ca

Bulletin du Réseau canadien de recherches antarctiques

Tous droits réservés
© Commission canadienne des affaires polaires/Réseau canadien de recherches antarctiques

Rédacteur : C. Simon L. Ommanney
Veuillez envoyer vos contributions et lettres à :
C. Simon L. Ommanney
Rédacteur, Bulletin du RCRA
Addesse à gauche.

Commission canadienne des affaires polaires
Suite 1710, 360, rue Albert
Ottawa (Ontario) K1R 7X7
Tel. : (613) 943-8605
Téléc : (613) 943-8607
mail@polarcom.gc.ca
www.polarcom.gc.ca/francais/antarctic/ccar.html